FRANKLIN INSTITUTE LIBRARY
PHILADELPHIA, PA.

GIFT OF

HAMILTON WATCH COMPANY

E.21

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/lhorlogerieelect00tobl

L'HORLOGERIE ÉLECTRIQUE

BIBLIOTHÈQUE DES ACTUALITÉS INDUSTRIELLES, N° 44.

L'HORLOGERIE ÉLECTRIQUE

PAR

A. TOBLER
Professeur à l'École polytechnique de Zurich.

ÉDITION FRANÇAISE REVUE ET AUGMENTÉE

PAR

L. DE BELFORT DE LA ROQUE
Ingénieur civil

Avec 65 figures dans le texte.

PARIS
BERNARD TIGNOL, ÉDITEUR
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
Acquéreur des Publications Eugène LACROIX
53 BIS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 53 BIS

1891

485

681.16
T55

Stechert - Hafner Inc. 7/31/43

UNITÉS ÉLECTRIQUES

UNITÉS DE MESURE

Unités fondamentales.

Système C. G. S. (centimètre, gramme, seconde).

Unité de temps. — L'unité C. G. S. de temps est la seconde, sa valeur est la $\frac{1}{86.400}$ partie du jour moyen solaire. Symbole = T.

Unité de longueur. — L'unité C. G. S. de longueur est le centimètre. Sa valeur est la centième partie du mètre.

Le mètre est la dix-millionnième partie du quart du méridien terrestre. Symbole = L.

Unité de masse. — L'unité C. G. S. de masse est le gramme ; sa valeur est égale à la masse d'un centimètre cube d'eau distillée, à la température de 4°. Symbole = M.

20712

Multiples et sous-multiples.

Multiples		*Sous-Multiples*	
Méga ou Meg. désigne	1.000.000 unités	Déci	$\frac{1}{10}$ de l'unité
Myria	10.000 —	Centi	$\frac{1}{100}$ —
Kilo	1.000 —	Milli	$\frac{1}{1.000}$ —
Hecto	100 —	Micro ou Mico	$\frac{1}{1.000.000}$
Déca	10 —		

Ainsi, par exemple, un megohm désigne un million d'ohms ; milli-ampère, la millième partie d'un ampère, etc...

Unités géométriques.

Unité de surface = 1 centimètre carré, cm^2.
Unité de volume = 1 centimètre cube, cm^3.

Unités mécaniques.

Unité de force. — L'unité C. G. S. de force porte le nom de dyne. Symbole = F.

La dyne est la force qui, agissant sur l'unité (masse de 1 gramme), lui communique une vitesse de 1 centimètre au bout de la première seconde.

$$\text{Dyne} = \frac{1 \text{ gramme}}{980{,}88}$$

Un kilo-dyne, ou 1000 dynes, serait un peu plus de 1 gramme.

Un mégadyne, ou 1000000 de dynes, serait un peu plus d'un kilogramme.

Unité de travail ou d'énergie. — L'unité C. G. S. de travail porte le nom de *erg*. Symbole = W ou T.

L'erg est le produit de l'unité de force par l'unité de longueur; sa valeur est donc de $\frac{1}{981} \times 0{,}01$ m. = $\frac{1}{981}$ grammètre ou $\frac{1}{98100000}$ kilogrammètre.

L'unité de travail employée dans la pratique est le kilogrammètre; c'est le travail exécuté par un kilogramme qui tomberait de un mètre de hauteur.

Un kilogrammètre équivaut à:

$9{,}81 \times 10^5$ dynes $\times 10^2$ centimètres $= 10^7 \times 9{,}81$ ergs.

Puissance. — L'unité de puissance, c'est le cheval-vapeur. Il vaut 75 kilogrammètres par seconde, ou :

$$75 \times 10^7 \times 9{,}81 = 736 \times 10^7 \text{ ergs-seconde.}$$

Chaleur. — L'unité de chaleur, c'est la calorie; elle est égale à environ $425 \times 10^7 = 4{,}17 \times 10^{10}$ unités (C. G. S.) de chaleur.

Unités électro-magnétiques.

Ohm. — L'ohm est l'unité pratique de résistance; sa valeur légale est représentée par une colonne de

mercure de 1 millimètre carré de section et de 1,06 m. de longueur, à la température de la glace fondante.

L'ohm vaut 10^9 unités C. G. S.

Volt. — Le volt est l'unité pratique de force électromotrice ; c'est la force électromotrice qui soutient un courant d'un ampère dans une résistance égale à l'ohm légal.

Le volt vaut 10^8 unités C. G. S.

Ampère. — L'ampère est l'unité pratique d'intensité ; c'est le courant qui produit un travail de $\frac{1 \text{ kgm.}}{g}$ par seconde (ou la chaleur équivalente) dans un circuit de 1 ohm de résistance.

$$I = \frac{\text{volt } 10^8 E}{\text{ohm } 10^9 R} = \frac{10^8}{10^9} \qquad I = \frac{1}{10}$$

L'ampère est donc égal à la dixième partie de l'unité absolue (C. G. S.) d'intensité ou 10^{-1} unités C. G. S.

Coulomb. — Le coulomb est l'unité de quantité électrique : c'est la quantité d'électricité qui traverse un circuit pendant une seconde, lorsque l'intensité du courant est égale à un ampère.

Le coulomb vaut 10^{-1} unités C. G. S.

1 coulomb décompose 92 microgrammes d'eau

(0,000092), et il libère par conséquent 10,4 microgrammes (0,0000104) d'hydrogène par seconde.

Farad. — Le farad est l'unité de capacité. C'est la capacité d'un condensateur qui, pour une charge de 1 coulomb, donne une f. é. m. de 1 volt.

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Le farad vaut 10^{-15} unités C. G. S.

Un condensateur de 1 microfarad, chargé au potentiel de 1 volt, renferme donc une quantité d'électricité égale à 1 microcoulomb. Symbole = C.

Watt. — Le watt est l'unité de puissance ou d'activité. Il est le produit des volts par les ampères.

$$E \times I = W.$$

Le watt sert à mesurer le taux d'un générateur électrique. Symbole = W.

1 kilogrammètre par seconde = 9,81 watts.

1 cheval-vapeur = 736 watts.

1 horse-power anglais = 746 watts.

Joule. — Le joule est l'unité de travail ou d'énergie. Il est le produit des volts par les coulombs, $E \times Q = J$.

Symbole = J.

1 kilogrammètre par seconde = 9,81 joules.

$$1 \text{ joule} = \frac{1}{9,81} \text{ kilogrammètre.}$$

$$1 \text{ joule} = 10^7 \text{ erg ou } 10 \text{ meg-ergs.}$$

(1) C, farad : Q, coulomb ; V, volt.

INTRODUCTION

Parmi les applications récentes de l'électricité, celle de la chronométrie occupe une place très importante.

Il y a déjà plus de trente ans que la possibilité de cette application fut démontrée par de nombreuses expériences, mais l'époque actuelle seule devait être appelée à la réaliser complètement. Dans la mise en pratique de leurs idées, les inventeurs primitifs dans cette branche avaient généralement négligé de prendre en considération une série de circonstances accessoires qui justement exercent une grande influence sur l'emploi des dispositifs qui tendent vers ce but, tandis qu'en principe ces derniers méritaient peu de reproches.

Dans les pages qui suivent, nous diviserons l'application du courant électrique à l'indication du temps en trois classes, savoir :

I. *Les appareils à cadran électrique* ou *horloges sympathiques* qui répètent immédiatement sur un grand nombre de cadrans, en général sans le secours

d'une force auxiliaire (poids ou ressort), les indications d'une horloge-type.

II. *Les appareils à cadran à mouvement indépendant* qui ne sont réglés par un agent électro-magnétique qu'à des intervalles déterminés, pour la plupart assez prolongés.

III. *Les pendules électriques,* dans lesquelles l'électricité agit comme un moteur, c'est-à-dire remplace un poids ou un ressort.

En ce qui concerne tout d'abord la première classe, ce mode de transmission du temps a, à première vue, quelque chose d'anormal. En principe, la classification peut être des plus simples, l'horloge-type fermant, en effet, le courant, à de courts intervalles, souvent toutes les minutes. Dans l'horloge sympathique ce courant fait, sous l'action électro-magnétique, avancer d'un cran l'aiguille des minutes fixée sur l'axe d'une roue dite d'échappement. Plusieurs centaines de cadrans peuvent ainsi recevoir leur mouvement d'un point central unique. Malheureusement, il entre ici en jeu un facteur qui, dans beaucoup de cas, rend un peu problématique leur bon fonctionnement, c'est-à-dire les lignes qui relient l'horloge-type ou motrice aux horloges sympathiques. L'expérience a constaté que dans les villes où les constructions de bâtiment sont encore à l'état de développement, on ne saurait éviter nombre d'avaries dans les lignes aériennes. Toutefois, si les circonstances de lieu permettent d'établir des lignes souterraines et si on apporte

les soins nécessaires à la surveillance de l'horloge-type et de la batterie, rien ne saurait plus s'opposer au bon fonctionnement, d'abord douteux, des télégraphes électro-chronométriques.

La deuxième classe jouit d'une grande popularité, surtout en ces derniers temps. Elle offre, en effet, le grand avantage de se rendre complètement indépendante des défauts signalés dans les lignes, car, le courant correcteur faisant défaut pendant une demi-journée et même plus, l'horloge continuera à marcher quand même. Dans un mécanisme de construction soignée, l'écart ne devra pas s'accroître au point de constituer une inexactitude réelle dans l'indication du temps, jusqu'à ce que la correction ait de nouveau lieu.

Dans des cas particuliers, on fait agir le courant correcteur, même ici, toutes les deux secondes ; toutefois cela ne paraît pas souvent nécessaire. Dans les usages généraux, un réglage de toutes les heures peut suffire.

La troisième classe enfin n'était considérée autrefois que comme un magnifique jeu ; elle peut l'être effectivement, suivant les circonstances. Il existe, en effet, des cas où, comme on le verra plus loin, les pendules électriques présentent un grand avantage, principalement lorsqu'elles sont employées comme régulateurs d'appareils à cadran sympathiques. Dans les pendules de précision, destinées aux usages astronomiques, où le courant électrique constitue le moteur,

on peut, d'ailleurs, établir les contacts nécessaires pour la méthode moderne d'observation chronographique, plus facilement que dans les horloges à poids. On n'est pas parvenu jusqu'ici à pourvoir ces dernieres d'appareils de contact qui soient sans influence réelle sur la marche de l'horloge, quant à la durée.

Enfin, la solution du grand problème, de soustraire les pendules de précision à l'influence de la pression d'air variable, est entièrement facilitée par l'emploi de l'électricité comme moteur. Les pendules électriques de Hipp ont, en effet, justifié leur réputation dans les opérations géodésiques, comme aussi dans les observations astronomiques. Leur mécanisme a été, tout récemment, si bien perfectionné que leur variation ne doit être évaluée qu'à 0,08 seconde par jour.

CHAPITRE PREMIER

Appareils à cadran sympathiques et régulateurs.

Steinheil paraît être le premier qui sollicita le mouvement d'un appareil à cadran au moyen d'agents électro-magnétiques (1839). Une aiguille aimantée, mobile dans l'écrou d'un multiplicateur, agissait sur une armature de Graham, au moyen de laquelle elle communiquait à une roue dentée un mouvement de rotation saccadé ; la transmission aux roues des minutes et des heures se faisait par les moyens connus. Lorsqu'à un intervalle de temps déterminé, on établissait donc le courant avec l'horloge-type, de manière que les impulsions successives alternassent de direction, l'aiguille se trouvait, tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre direction. Le courant était fermé, soit par le pendule à secondes de l'horloge principale qui agissait directement sur un commutateur, soit par un mécanisme gyrotropique combiné avec le rouage de l'horloge-type ou motrice, lorsqu'on exigeait que le courant fut fermé à la fin de chaque demi-minute.

Dans les grands appareils à cadran, Steinheil remplaçait l'aiguille aimantée par un système électromagnétique polarisé.

Horloge de Wheatstone.

Dans la même année, Wheatstone se servit, indépendamment de Steinheil, de son télégraphe à cadran (et de celui de Cooke) pour la transmission du temps (1). Il fermait le courant, une fois par seconde, au moyen d'un disque fixé sur l'axe de la roue d'échappement de l'horloge-type; le disque portait, à la circonférence, 30 divisions alternativement conductrices et isolées. Lorsque le disque était animé d'un mouvement de rotation, un faible ressort de rappel se mettait alternativement en contact avec une partie isolée et une partie conductrice. On voit par là qu'il était impossible que cette disposition primitive pût engendrer de l'exactitude dans la durée; des particules métalliques devaient nécessairement être entraînées sur les parties isolées, abstraction faite du frottement considérable du ressort antagoniste.

Horloge de Bain.

La construction de l'appareil à cadran de Bain (2) est la même (fig. 1). Au moment où passe le courant

(1) *Phil. Mag.* XVIII, p. 139. — Kuhn, p. 1121.
(2) *Mech. Mag.* XXXV, p. 139. — Kuhn, p. 1129. — Schellen, p. 829.

envoyé par la batterie ZK, l'électro-aimant M attire l'armature *b*, et le cliquet échappe une dent de la roue *e* ; le courant étant interrompu, la spirale *g* fait reculer le levier de l'armature ; le cliquet entraîne la dent de contact et fait tourner la roue de la largeur d'une dent ; un crochet de retient empêche que deux dents ne viennent échapper à la fois. L'appareil de fermeture du courant de l'horloge-type est repré-

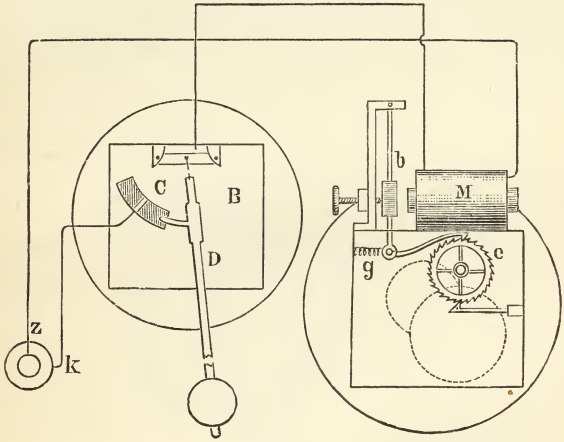

Fig. 1.

senté en B. Près du point de suspension du pendule (à mi-secondes) se trouve un appendice en cuivre C, fixé sur une plaque en ivoire qui, à chaque oscillation du pendule, se met en contact avec le ressort en cuivre D, vissé à la tige du pendule. D'après ce qui vient d'être dit, on comprendra facilement le jeu de

ce mécanisme ; le courant interrompu, à chaque seconde, fait avancer d'une dent la roue *e* qui transmet le mouvement, de la manière connue, à la roue des minutes et des heures.

Horloge de Garnier.

Il faut signaler le système de Garnier comme incomparablement plus parfait, tant sous le rapport de la construction de l'indicateur que sous celui de l'horloge-type.

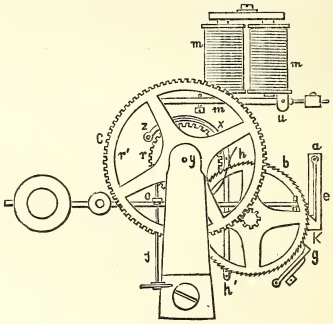

Fig. 2.

La fig. 2 représente l'indicateur. L'armature de l'électro-aimant *mm* est reliée avec une tige *t*, qui en *o*, agit sur un long levier *ef*, en partie contre-balancée. — Le levier porte un cliquet *e* faisant ressort qui, chaque fois que l'armature est attirée, fait tourner d'une dent la roue d'échappement. La tige *hh'* re-

liée avec *ef* porte deux chevillettes d'arrêt de la roue; il en est de même du cliquet *g*. L'armature articule en *u*; la lame de contact supprimée ici, est remplacée par la pesanteur de l'armature de la tige *t* et du levier *ef*; *r* et *c* sont des roues intermédiaires.

Garnier ne transmet pas directement la fermeture du courant à l'horloge type, mais emploie un mécanisme spécial qui, produisant les contacts, la débraye, toutes les six secondes. Sur l'axe de la roue d'échappement (fig. 3) est placée une étoile à 5 rayons *h*. Dans la

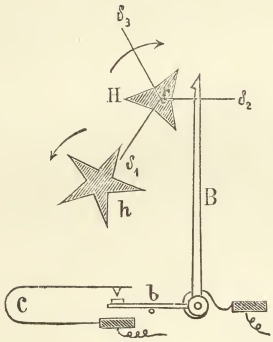

Fig. 3.

position représentée fig. 3, celle-ci sert d'arrêt à une autre étoile (δ_1) à trois ailes $\delta_1\delta_2\delta_3$ qui, ainsi que l'étoile H sont rapportées sur le dernier axe γ du mécanisme du mouvement indépendant en question. Lorsque l'étoile N tourne dans la direction de la flèche, l'ailette δ_1 se dégage finalement; l'axe γ tourne et l'un des bras de H agit sur le levier coudé B*b*, mo-

bile en O ; l'extrémité munie d'une platine, se met ainsi en contact avec la pointe d'or du ressort de contact C. Mais un moment après, l'ailette δ, vient butter contre h ; le mécanisme de mouvement s'arrête de nouveau et le levier du contact Bb reprend sa position à l'état de repos. Le ressort C isolé de la boîte de l'horloge, communique avec l'un des pôles de la batterie, le levier Bb avec la ligne des indicateurs, la terre avec l'autre pôle de la batterie.

Nous sommes entièrement de l'opinion de M. Th. du Moncel lorsqu'il soutient que le mécanisme de contact de Garnier représente un progrès important dans la construction des horloges électriques. En effet, ni la roue d'échappement, ni le pendule d'une horloge-type ne doivent être fortement entraînés dans leur mouvement, comme c'était nécessairement le cas dans les systèmes de Wheatstone et de Bain. Les horloges de Garnier, entre autres, sont employées avec succès, depuis quelques années, dans toutes les stations de chemins de fer de ceinture de Paris.

Les horloges électriques de G. Froment présentent des dispositions semblables, du moins en ce qui concerne le compteur (1).

Le système Nollet, (2) employé à Bruxelles et ailleurs, doit également avoir donné de bons résultats. Nous n'en donnerons pas la description, puisque le compteur ne diffère point, en principe, de ceux déjà

(1) Du Moncel. Exposé. Vol. IV, p. 25. — Kuhn, p. 1128.
(2) Du Moncel. Exposé. Vol. IV, p. 48. — Kuhn, p. 1129.

mentionnés. Quant au mécanisme de contact de l'horloge-type, nous n'avons pas pu en trouver de description.

Horloge de Stöhrer.

C'est à Stöhrer et à Steinheil que revient le mérite de l'emploi des courants alternatifs pour la marche des compteurs électro-chronométriques. Les organes principaux de cet appareil sont représentés fig. 4. N et N′ désignent les pôles de l'électro-aimant, entre lesquels peut osciller, autour du point *d*, l'ancre d'échappement *o*, en fer doux. O est polarisé par l'un des pôles d'un aimant en acier recourbé à angle droit. N et N′ alternant continuellement de polarité lorsqu'on emploie des courants contraires, O est alternativement repoussé par N et attiré par N′ et réciproquement. L actionne la roue R qui, à chaque oscillation de O, avance d'une dent.

Un grand avantage que présente la marche par courants alternatifs consiste d'abord en ce que de légères imperfections dans le mécanisme de contact ne sauraient produire aucun effet nuisible sur les compteurs. Représentons-nous de nouveau, par exemple, le pendule de contact de Bain (fig. 1). Soit l'appendice en cuivre C, en partie oxydé en son milieu ou couvert de poussière : lorsque le pendule oscille vers la gauche, D se mettra d'abord en contact avec une surface

nette de C, et le courant se fermera; un moment après, D affleure la partie oxydée et le courant est interrompu; enfin une surface nette se présente de nouveau et effectue encore la fermeture du courant. L'appareil à cadran doit donc nécessairement avancer de deux dents, au lieu d'une. Lorqu'on fait usage de courants alternatifs, (fig. 4), l'armature en fer O reste stationnaire contre le pôle de l'électro-aimant où le premier courant l'a maintenu; il suffit d'une impulsion du courant contraire pour la ramener à l'autre pôle.

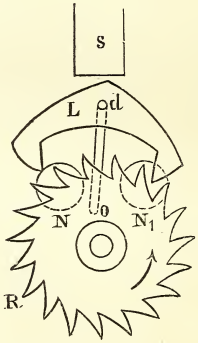

Fig. 4.

Un autre avantage que présente la marche par courants alternatifs est d'être garantie des perturbations provenant des courants induits dans les fils, pendant les gros orages. Si le courant induit est de même direction que le dernier courant envoyé par la batterie, l'armature reste naturellement en repos; et, s'il est de direction contraire, l'armature se met nécessaire-

ment à fonctionner, la roue d'échappement avance; mais le courant suivant de la batterie reste sans effet, car son action s'est déjà produite.

En 1849, les horloges de Stöhrer furent construites sur une grande échelle à Leipzig (1), mais ne paraissent pas avoir donné la satisfaction voulue; car, en 1871, aucune d'elles ne fonctionnait plus.

M. Stohrer n'a pas, à notre connaissance, publié de description du mécanisme de contact, c'est-à-dire du mécanisme inverseur; nous avions, au printemps de 1872, l'occasion d'avoir à notre disposition quelques pièces détachées de cette horloge qui permettaient simplement d'établir que la commutation avait été produite au moyen de godets à mercure; c'est ce que rapportent également Schellen et Zetzsche.

Horloge-type de Fritz.

On trouve une construction du même genre dans les horloges électriques de Fritz à Francfort sur-le-Mein, dont, à notre connaissance, il n'a pas été publié de description. En 1871, ces horloges fonctionnèrent dans plusieurs rues de cette ville; elles étaient réparties sur quatre lignes et actionnées par une horloge-type. Comme nous avons eu alors l'occasion de visi-

(1) Kuhn, p. 1129. — Schellen, 3e édit., p. 166.
(2) Schellen, *l. c.*
(3) Zetzsche, p. 429.

ter cette horloge, nous allons en donner la courte description que voici.

L'axe vertical *a'* (fig. 5 et 6) est combiné avec l'axe de la roue d'échappement (régulateur avec pendule à secondes) au moyen d'un simple couple d'engrenages, de manière qu'il fasse un tour en deux minutes. Cet axe porte en D un anneau en cuivre isolé *aa'*, au moyen d'une bague en ivoire. A cet anneau

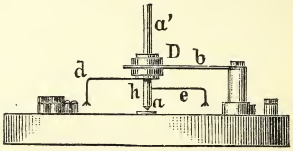

Fig. 5.

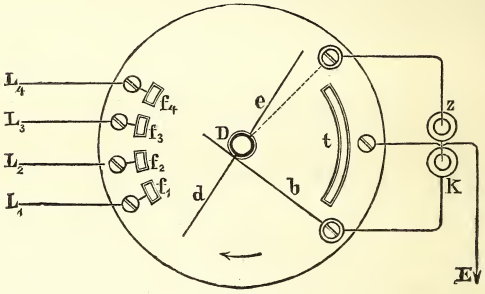

Fig. 6.

est fixé le bras *d* portant un couteau de platine ; un des pôles de la batterie se trouve relié avec l'anneau, par l'intermédiaire de la lame de contact *b*. Un second bras *e*, entièrement semblable et diamétralement opposé au premier, est rapporté en *h* sur l'axe

aa, avec lequel il forme, par conséquent, un contact métallique. L'autre pôle de la batterie est relié avec le support de l'axe *aa*. Les 4 lignes des horloges débouchent dans 4 godets de mercure f_1, f_2, f_3, f_4, et la ligne terrestre conduit à la grande cuve *t*. Lorsque donc *aa* tourne dans le sens de la flèche, le bras *e*, en premier lieu plonge dans *t* (ou, pour mieux dire, effleure la surface du mercure de la cuve *t*); un instant après *d* se met en contact avec le premier godet f_1; le courant de la batterie B passe alors par le poids K, — la lame *b*, — l'anneau, — le bras *d* — le godet f_2, les horloges intermédiaires — la terre — *t*, *e*, *a'* et aboutit au pôle Z. Un instant après, (c'est-à-dire deux ou plusieurs secondes) la 2e, 3e et 4e ligne, reçoivent le courant de la même manière. A la minute suivante, les bras *d* et *e* changent de position; *d* est maintenant en contact avec *t*, *e* avec *f*, et le courant circule par le pôle +, la lame *b*, *d*, *t*, la terre, les horloges, f_1, *h*, *aa'*; le pôle — et ainsi de suite.

Il est évident qu'un commutateur semblable à celui qui vient d'être décrit, exige une surveillance minutieuse. La hauteur des niveaux de mercure doit être réglée de façon que la pointe de platine puisse plonger aussi profondément que possible; de plus, les gouttelettes de mercure qui aurait été entraînées, doivent être écartées soigneusement. D'après les observations de Hipp (1), les contacts à mercure n'agissent

(1) Schneebeli, *Horloge*, p. 9.

jamais d'une façon absolument sûre, même avec une immersion profonde de la lame. Cela est dû à la couche d'oxyde qui se forme continuellement à la surface du mercure exposé à l'air. Les horloges de Fritz qui subsistaient encore à Francfort, vers le milieu de 1870, ont été, à ce qu'on dit, mises hors de service.

Les appareils à aiguilles spécialement adaptés aux lanternes d'éclairage sont ceux de Nollet (1) et de Bréguet (2). Le premier comprend un électro-aimant ordinaire dont l'armature à bras très allongés agit sur la roue d'échappement, au moyen d'un système de crochet de déclic. Rien n'a été publié sur l'horloge-type de ces appareils.

Horloge de Bréguet.

La figure 6 représente une lanterne-horloge de Bréguet. Dans cette horloge, le courant passe par les électro-aimants EE′, placés l'un derrière l'autre; leurs bobines sont disposées de manière que leurs pôles respectifs soient de signes contraires. Entre les pôles, se trouve le fer à cheval AA, oscillant autour de la base *v*. A chaque minute, un courant passe par EE′; l'armature est, par conséquent, attirée par l'un des électros, si le courant alterne régulièrement de direction, et est repoussée par l'autre, et *vice versa*. Ces mouvements périodiques sont communiqués au

(1) Du Moncel. Exposé, Vol. IV, p. 48. — Kuhn, p. 1129.
(2) Bréguet, *Manuel de télégr. élect.*, p. 221.

moyen d'un long levier *t*, muni d'une espèce de cliquet *c* qui actionne la roue d'échappement et, par suite, les roues de renvoi à l'aiguille des heures.

Le mécanisme gyrotropique, (1) adapté à l'horloge-type, est représenté par la figure 7.

Fig. 7.

L'axe *t* est actionné par une roue de forme étoilée, munie de 10 dents, qui lui permet de tourner d'un

(1) Kuhn, p. 1132. — Du Moncel. Exposé, Vol. IV, p. 50.

certain angle à chaque minute. Cet axe porte un cylindre en ivoire dont la surface extérieure est garnie d'un certain nombre de chevillettes en platine rapportées successivement, en alternant, sur les deux disques de garniture. Le disque supérieur est isolé de l'axe *t* et communique avec l'un des pôles au moyen de la lame de buttée *c*; le disque inférieur *g* communique avec *t*, avec le support de base et enfin avec l'autre pôle de la batterie. Contre le cylindre viennent butter les deux lames — (ressorts A et B), isolées de la boîte ; la ligne est reliée avec A, et la ligne de retour ou ligne terrestre avec B. Kuhn (l. c.) prétend

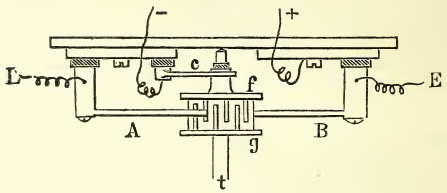

Fig. 8.

qu'avec cette disposition le courant dure toute une minute, par exemple ; il parcourt successivement le pôle +, l'axe *t*, la lame A, la ligne, la terre, la lame B, la lame *c* et le pôle. La minute suivante, *h* a reçu un mouvement de rotation tel que A vienne enfin se mettre en contact avec une chevillette de la série supérieure et B avec une chevillette de la série inférieure ; le courant circule, par conséquent, en sens inverse : pôle +, axe *t*, lame B, terre, ligne, lame A,

lame *c*, pôle. Du Moncel ne s'explique pas non plus assez clairement à ce sujet. A l'aide d'une disposition convenable des chevillettes de platine et des lames de buttée AB, on parviendrait d'ailleurs facilement à faire appuyer ces deux dernières sur l'ivoire, lorsque le cylindre est à l'état de repos, ne les faire mettre en contact avec les chevilettes de platine pendant 4 à 5 secondes que lorsque le cylindre reprend son mouvement de rotation qui a lieu à la fin de chaque minute. Un passage de Bréguet paraît également faire allusion à cette disposition (1).

Horloges de Siemens et Halske (2).

L'appareil à cadran de petite dimension est destiné aux usages ordinaires et comprend un dispositif qui doit permettre à la roue d'échappement d'avancer avec uniformité et avec exactitude. Les électro-aimants ont leurs noyaux placés verticalement ; leur armature oscillant par son extrémité inférieure sur des pointes de vis *c*, porte en son milieu la lame de buttée également rapportée à un bras en acier mobile faisant ressort. L'armature reçoit un prolongement muni d'un buttoir en acier. Le prolongement en question porte, outre cela, un couteau qui avec le buttoir agit sur la roue d'échappement. Celle-ci est munie de 60 dents de forme particulière ; un ressort

(1) Bréguet, *Manuel*, p. 223.
(2) Kuhn, p. 1134. — Schellen, 3e édit., p. 368.

d'arrêt fixé à la boîte empêche son mouvement de recul. Lorsque le courant passe par l'électro, le buttoir fait avancer d'une dent la roue d'échappement; le couteau tombe dans le creux d'une dent et empêche le passage de la dent suivante. Le courant étant interrompu, le ressort de contact fait reculer l'armature; le ressort de l'entrée glisse par dessus la dent la plus voisine sur la droite, mais le crochet d'arrêt suspend le mouvement de la roue, sollicitée par le recul du buttoir.

Dans les horloges des chemins de fer construites par Siemens et Halske, on emploie un mécanisme semblable à celui des télégraphes à signaux connus de Siemens et Halske, à interruption automatique; mais on a supprimé ici les mécanismes d'interruption automatique parce qu'ils n'auraient aucun but.

L'armature oscille entre les ports à garniture de l'électro-aimant; la lame de buttée est remplacée par un contrepoids mobile rapporté sur la tige. — Le prolongement de l'armature porte une bielle à crochet qui, à chaque minute, fait avancer d'une dent la roue d'échappement. Le restant du mécanisme est disposé de la même manière que dans le petit appareil à cadran précédemment décrit.

L'horloge-type ferme le courant une fois toutes les minutes, ainsi qu'il a été dit.

En effet, l'axe de la roue d'échappement porte un disque qui, comme celle-ci, fait un tour par minute et

est muni d'un tourillon vissé sur la face d'avant. Ce dernier étant arrivé à sa position la plus basse, appuie sur deux ressorts isolés l'un contre l'autre: le courant est ainsi interrompu. Le disque continuant son mouvement de rotation, le circuit est de nouveau ouvert, par suite du recul du ressort de contact supérieur.

Horloge du chemin de fer de Droz (1)

Dans ce système d'horloge, des aiguilles de très grand poids sont mises en mouvement; l'armature de l'électro-aimant doit, par conséquent aussi, recevoir de grandes dimensions. L'électro est placé debout avec les deux pôles en dessous; la lourde armature est reportée à l'une des extrémités du levier à deux bras, l'autre extrémité portant un contrepoids qui sert à équilibrer en partie l'armature. Près de l'extrémité libre de l'armature à levier est rapporté un cône allongé qui s'engage dans les dents de la roue des minutes qu'il fait avancer d'une dent chaque fois que le courant se ferme. Un crochet d'arrêt fixé sur le côté de la boîte empêche le mouvement de recul de la roue d'échappement.

(1) Dub. Application de l'électro-magnétisme, p. 714.

Horloges de Houdin, Callaud et Mildé.

Lorsque l'attraction de l'armature est employée pour le mouvement de la roue d'échappement, comme dans les appareils à cadran qu'on vient de mentionner, celle-ci reçoit, chaque fois que le courant se ferme, une forte secousse qui peut avoir une influence fâcheuse sur le mécanisme de l'horloge. C'est pour cette raison que plusieurs constructeurs ont utilisé l'attraction de l'armature uniquement pour y couder un ressort qui permet à la roue d'échappement d'avancer chaque fois que l'armature recule. La force attractive d'un électro-aimant croit rapidement, comme on sait, lorsque l'armature s'approche, tandis que dans son mouvement initial, la résistance qu'elle a à vaincre est une maxima. Pour rendre le mouvement uniforme R. Houdin (1) se sert du levier représenté fig. 8, dont le mode d'action s'expliquerait, sans plus ample éclaircissement. C'est d'après ce principe que furent également construits les anciens appareils à cadran de Hipps, qui, en 1861, furent introduits à Genève en très grand nombre. Le motif pour lequel ils n'ont pas donné la satisfaction voulue, réside moins dans leur mécanisme que dans les perturbations occasionnées par l'électricité atmosphérique et les défauts dans les lignes.

(1) Schneebeli, p. 5.

Un certain nombre d'horloges de ce genre exposées au palais de la Confédération, à Berne, ont, en effet, conservé une marche régulière jusqu'à ce jour.

Dans les appareils à cadran de Callaud et de Mildé (1), le ressort de buttée, en forme de vis, généralement employé, est remplacé par un ressort plat en acier, d'une certaine force, qui s'appuie contre une vis fine et réglable. Lorsque l'armature est atti-

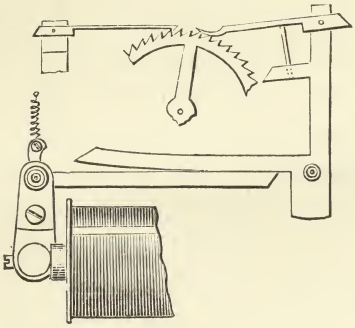

Fig. 9.

rée, le ressort, en se pliant, rencontre deux autres vis en acier, disposées par échelons. La résistance du ressort croissant en sens inverse de sa longueur, cette combinaison de la force attractive à croissance rapide de l'électro permet de maintenir l'équilibre.

(1) Du Moncel, *Exposé*, vol. 4, p. 15.

Horloge de Liais (1).

Les appareils à cadran de E. Liais, destinés aux usages astronomiques, reçoivent un pendule pesant (construit pour les demi-secondes) qui met en mouvement la roue d'échappement au moyen d'une armature Graham. La lentille du pendule forme en même temps l'armature d'un électro rapporté sur un des côtés intérieurs de la boîte de l'horloge; l'horloge-type fermant le courant à chaque seconde, la lentille reçoit une impulsion à chaque oscillation. L'axe de la roue d'échappement transmet le mouvement au mécanisme des minutes et des secondes, par des moyens connus.

L'avantage principal que présente cet appareil à cadran (très bien construit par Deschiens, à Paris) se trouve évidemment dans ce qu'aucune perturbation n'est produite par une absence, même répétée du courant. Par suite du grand poids de la lentille, le pendule peut, en l'absence d'un courant, osciller pendant 10 à 20 secondes; le pendule ne vient à s'arrêter que lorsque les arcs d'oscillation ont tellement diminué que la tige du pendule ne puisse plus faire reculer l'armature Graham.

(2) *Ibid.* p. 33.

(1) Comptes rendus, XXXI, p. 366. — *Bulletin de la Société d'encouragement*, XLVII, p. 217.

Horloge de Glösener.

L'horloge du professeur Glösener, à Liège, est actionnée par des courants induits, envoyés par l'horloge-type.

Dans ce but, l'horloge-type porte un aimant en forme de fer à cheval, dont les deux branches en fil de fer doux allongé sont munies de ressorts à boudin. Une des branches de l'aimant est munie d'une charnière qui forme le point de rotation de l'armature ; cette dernière est fixée à l'extrémité d'un levier à deux bras. Avec la roue à chevilles de l'horloge est combiné un marteau, de manière qu'après un certain espace de temps écoulé, il tombe sur l'armature à levier et détache celle-ci des pôles de l'aimant ; un courant inducteur se produit alors dans le ressort à boudin qui actionne les électro-aimants du pendule placés sur le circuit. La source à laquelle nous avons puisé n'indique pas si l'armature se réapplique aussitôt après sa répulsion. Il faudrait, dans le cas dont il s'agit, que l'appareil à cadran fût disposé de manière que le second courant induit ramenât simplement l'armature polarisée sans faire mouvoir la roue d'échappement. Glösener dit seulement (l. c.) qu'il n'a pas remarqué de variations dans l'intensité des courants induits, produits soit par la répulsion, soit par l'attraction de l'armature. Il dit, en outre, qu'un système d'horloges de ce genre a fonctionné en parfaite

continuité pendant plus d'une année. La source citée ne donne point de détails sur la construction de l'appareil à cadran.

On ne saurait nier que le système qui vient d'être mentionné n'ait pour base un principe ingénieux, mais il reste à savoir s'il est possible de l'appliquer sur une grande échelle.

Kuhn (1) cite également cette disposition, mais ne paraît pas avoir exactement saisi la description donnée par la source citée. Il fait rapporter à l'appareil à cadran, en effet, ce qui a été dit de l'horloge-type, et croit que le mécanisme à marteau n'a d'autre but que de détacher l'armature de l'électro après que le circuit a été coupé, et de rendre ainsi superflu le ressort en spirale habituellement en usage. Glösener avait sans doute l'intention de faire une description de ses horloges électriques dans le 2e tome de son volumineux ouvrage: « *Applications de l'électricité*, Liège, 1861 »; mais ce 2e tome n'a, à notre connaissance, jamais paru. On peut admettre que la construction des appareils à cadran passée sous silence dans la source où nous avons puisé a été également bien étudiée, car dans le 1er tome de son ouvrage, Glösener décrit des télégraphes à aiguille et à cadran pour la marche par courants alternatifs dont la disposition peut être considérée comme modèle, jusqu'à ce jour.

(1) Kuhn, p. 1131.

Horloges électriques de Hipp.

Parmi les appareils à cadran de construction moderne, ceux de Hipp ont eu le plus de succès; nous donnerons, par conséquent, plus d'étendue aux détails de leur construction.

Dans le traité de physique de Mousson (1re édition, Zurich, 1867) on trouve, pour la première fois, des renseignements à peu près complets à ce sujet; dans les traités déjà souvent cités de Schneebeli, Th. Du Moncel (*Exposé des applications de l'électricité*), ainsi que dans le *Journal électro-technique* (tome I, 1880, p. 218), on trouve des renseignements plus nouveaux. Faisons remarquer d'ailleurs que la disposition des appareils à cadran, à part certaines modifications peu importantes, est restée la même, tandis que le mécanisme du régulateur a subi de grands perfectionnements.

L'indicateur (fig. 9 et 10) est mis en mouvement par des courants alternatifs. La pièce transversale P, ou culasse, qui relie les noyaux *mm'* de
mant est combinée avec le pôle nord d'un fort aimant M; le pôle sud de ce dernier sert d'appui à l'armature A (fig. 10) mobile sur l'axe *a*. Lorsque l'électro n'est traversé par aucun courant, les noyaux *mm'* deviennent tous deux aimants nord d'égale intensité; l'armature A, au contraire, aimant-sud. La fig. 9 fait voir clairement le mode d'engagement de

l'ancre de l'axe à blocs avec la roue d'échappement. La forme particulière de l'armature a pour but de produire un effet considérable (fig. 10), même avec un courant relativement faible. La grande amplitude d'arc qu'il parcourt (environ 60°), chaque fois que le courant agit, lui permet d'enclancher avec sécurité dans la roue d'échappement et laisse sans effet les perturbations et les faibles courants d'induction. Lorsque donc un courant de direction déterminée passe par l'électro, le magnétisme-nord s'affaiblit en *m* et augmente d'intensité en *m'* ; l'armature magnétique-sud A se meut par conséquent vers *m'*, et le bloc supérieur de l'axe fait avancer d'une dent la roue d'échappement. En renversant le courant, A vient s'appliquer de nouveau contre *m* ; la roue avance de nouveau d'une dent, mais par le moyen du bloc inférieur. Un crochet d'arrêt, invisible sur la figure, s'engage dans la couronne dentée de la roue d'échappement et empêche que celle-ci ne soit entraînée dans un mouvement rétrograde. Le contrepoids *f'* mobile sert à équilibrer l'armature, tandis que les tringles de buttée K (fig. 10), garnies de toile, empêchent un contact direct entre A et *mm'*.

Les horloges destinées aux quais des gares, des routes, etc., reçoivent souvent deux cadrans ; suivant les lieux, on choisit des cadrans parallèles ou des cadrans formant entre eux un angle déterminé.

Dans ces cas, les appareils à cadran sont composés des mêmes organes que dans la fig. 9 ; toutefois, l'ar-

mature n'actionne pas directement la roue d'échappement, mais transmet le mouvement d'abord à un axe vertical qui, au moyen d'engrenages coniques,

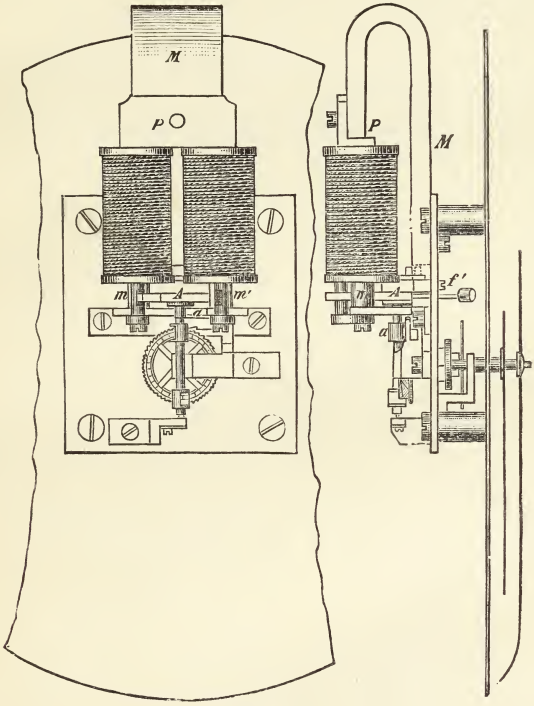

Fig. 10.

fait tourner les axes des deux appareils. La boîte du mécanisme renferme d'ailleurs un ou deux brûleurs à gaz qui rendent également visible pendant la nuit le cadran en verre dépoli.

Lorsque le diamètre du cadran dépasse $1^{m},20$, Hipp

préfère donner le mouvement aux aiguilles au moyen d'un mécanisme avec contrepoids et de ne transmettre au courant galvanique que le déclanchement effectué à chaque minute. Ce mécanisme de déclanchement peut être construit différemment; nous décrirons dans ce qui suit un dispositif qui a fait plusieurs fois ses preuves.

L'axe de l'armature *a* (voir fig. 9) porte à sa par-

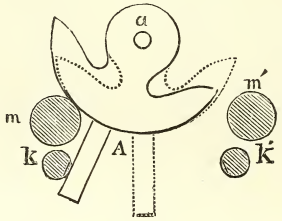

Fig. 11.

tie supérieure un disque demi-circulaire que nous voulons désigner par A. Sur l'une de ses arêtes s'appuie un des bras d'une fourche mobile sur un axe horizontal. Les extrémités des deux bras de la fourche articulent avec des charnières; l'une des extrémités du double levier de déclanchement appuie sur un nez rapporté à base de la fourche.

Lorsque le courant traverse l'électro, l'armature se meut d'un pôle à l'autre, de manière que le disque A soit tourné d'un certain angle. Le bras de fourche reposant sur A tombe de l'arête; le levier de déclanchement perd son arrêt, tombe en même temps

et déclanche ainsi l'axe du volant à culettes du mécanisme. Celui-ci entre en mouvement et l'aiguille des minutes avance d'un cran. Pendant que le mécanisme tourne, le levier d'arrêt effleure la circonférence d'un disque, dit de fermeture; une goupille, fixée sur l'avant de ce dernier, fait reculer le levier de déclanchement. Celui-ci reprend sa position primitive et fait maintenant reposer le second bras sur le disque A. Ajoutons encore que, comme les deux extrémités de la fourche tournent sur des axes verticaux, l'extrémité qui est tombée en premier lieu peut par conséquent, dans son mouvement ascensionnel, passer librement devant le disque A; l'autre extrémité effleure son arête conique en se pliant vers le dehors. Mais, aussitôt qu'elle a dépassé le disque, elle est de nouveau poussée en dedans par un ressort; elle ne peut donc plus abandonner le disque, aussi longtemps que celui-ci conserve la même position. La fourche ne pourra retomber que lorsque A continuera à tourner, c'est-à-dire à la suite d'une nouvelle émission de courant.

Le disque de fermeture ayant effectué une rotation complète, un bras du levier d'arrêt vient enclancher avec le premier et arrête ainsi le mécanisme du mouvement.

On peut facilement adapter une sonnerie à une horloge disposée de cette manière. Ce cas se présente, par exemple, dans un des plus grands appareils à cadran de l'Europe, l'horloge de la tour de Saint-Pierre

à Zurich. Les deux aiguilles du cadran pèsent ensemble 700 kgr. et ont $8^m,40$ de longueur. Outre cela, cette horloge est disposée sur une des lignes de la ville (voir plus loin) et est actionnée par le même courant que celui des petits appareils à cadran (fig. 9).

L'horloge-type varie de disposition suivant l'étendue du réseau des horloges. Elle est néanmoins toujours munie de deux mécanismes séparés l'un de l'autre, l'un effectuant la fermeture du courant, produite une fois à chaque minute, et l'autre le renversement des pôles. Nous allons décrire, en premier lieu, une disposition simple, analogue à celle qui est adaptée aux horloges auto-électriques, décrites plus loin, qui doivent servir en même temps d'horloges-types.

M. Hipp, en se basant sur des raisons pratiques, divise les appareils à cadran en groupes dans lesquels il fait arriver le courant successivement. Le mécanisme régulateur est destiné à deux lignes ou groupes. Les ressorts, visibles à droite, se trouvent en communication avec les 2 lignes contenant les appareils à cadran. Sur l'axe de la roue d'échappement R, est placé le bras r muni d'un plateau à son extrémité. Lorsque la roue R se met en mouvement, ce bras glisse successivement sous les ressorts $f_1 f_2$ également platinés, qu'il soulève légèrement. Dans une construction plus récente, f_1 et f_2 ont quelquefois la forme de doubles leviers entre les extrémités des-

quels r doit forcer son passage; f_1 et f_2 sont isolés de la caisse de l'horloge.

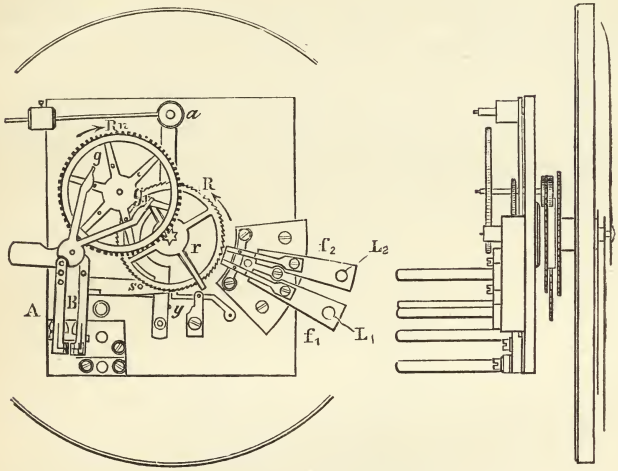

Fig. 12.

Le commutateur reçoit son mouvement de la zône Rn engrenant avec l'axe de la roue d'échappement; celle-ci fait un tour dans l'espace de 10 minutes. Le commutateur se compose de deux ressorts AB, fixés sur un bloc en ivoire (voir fig. 13), qui effleure alternativement les trois contacts a, b, c, de telle manière que, dans la première minute, A vient se mettre sur a et B sur b, dans la minute suivante; A sur b et B sur c. Le bloc d'ivoire reçoit son mouvement de va et vient au moyen de la fourche gg, rapportée à même sur les bras autour desquels agissent six goupilles fixées sur la face de Rn. Lorsque le commutateur se trouve

dans la position fig. 12, le courant de la batterie prend la direction suivante : pôle +, ressort A, *a*, roue d'échappement, bras *r*, ressort $f_1 f_2$ $L_1 L_2$ (terre), fil de retour, *b*, B, pôle. Dans la minute suivante, une des goupilles de R*n* soulève le bras de fourche *g*, et par suite relie A*g* avec *b*, B avec *c* ; la circulation du courant est alors : pôle +, A,*b*, fil de retour, $L_1 L_2$, *r*,*e*, B et pôle.

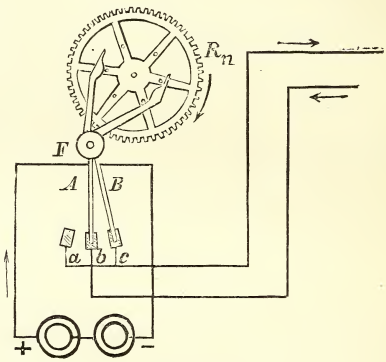

Fig. 13,

Que les appareils à cadran des deux groupes marchent ici, comme dans les horloges-types de Fritz, avec un écart de deux secondes, cela n'a aucune importance, dans la pratique.

Schneebeli (l. c.) remarque avec justesse que la disposition à contacts multiples répétés une fois, chaque minute, produit un effet défavorable sur la marche de l'horloge. Ce serait bien là le cas, si la force motrice était un poids ou un ressort ; mais dans les horloges auto-électriques, une résistance périodiquement ac-

centuée n'exige que des impulsions de pendule plus répétées, sans que la régularité de la marche puisse en souffrir.

Dans les installations publiques d'appareils à cadran électriques, on emploie la plupart du temps un régulateur bien construit avec pendule à secondes et mouvement à poids. La fermeture du courant et l'inversion des pôles sont effectuées par un mécanisme de mouvement spécial, dégagé à chaque minute par l'horloge-type.

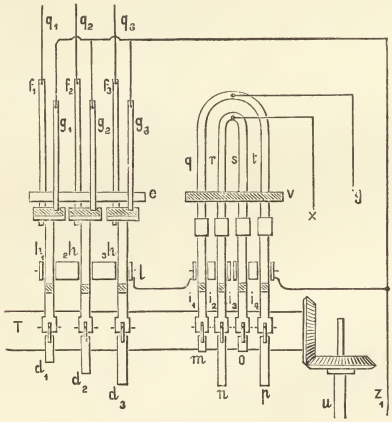

Fig. 14,

Nous allons parler, en premier lieu, de la partie électrique de cette ingénieuse disposition.

Dans la figure 14 les parties situées sur la gauche, orment le mécanisme de contact, celles sur la droite le commutateur.

Le cylindre T communique avec le mécanisme du mouvement au moyen de deux engrenages coniques; il fait un demi tour chaque fois que ce dernier est dégagé. Sur ce cylindre viennent s'appuyer trois paires (si trois groupes d'appareils à cadran doivent être mis en mouvement) de doigts *d*, de conformation particulière, uniformément disposés sur sa longueur, mais tournées chacune d'un angle respectif;

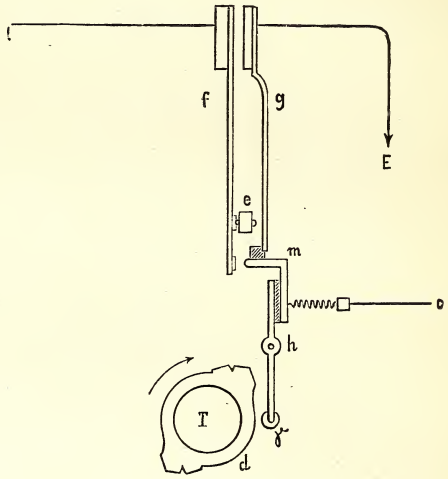

Fig. 15.

dans la direction opposée, se trouvent trois leviers de contact, mobiles sur un axe commun, qui, soulevés par les doigts (voir fig. 16) agissent sur les ressorts de contact *fg*. A l'état de repos (fig. 15), le ressort *g* qui communique avec la terre, c'est-à-dire le fil de

retour, appuie sur un appendice d'ébonite rapporté sur *m*. ; l'autre ressort *f*, auquel conduit la ligne, appuie contre la barre *e*. Lorsque le cylindre T tourne dans le sens de la flèche, le rouleau de friction γ, repoussé sur le côté par le doigt *d*, s'écarte vers la droite, *m* se meut vers la gauche, *g* vient s'appuyer contre *e* qui, un instant après, soulève *f*. Le courant venant de *c* circule par conséquent de la manière

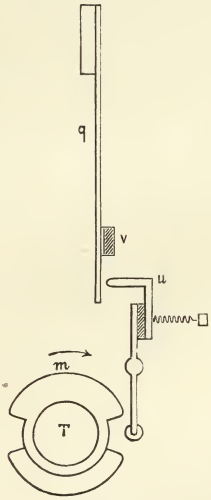

Fig. 16.

suivante. Dans le premier moment; *c*, *m*, *f*, *e*, *g*, terre; dans le moment suivant: *c*, *m*, *f*, *l*, terre. Les mêmes marches se répètent lorsque γ quitte de nouveau le doigt. Cette disposition a pour but de mettre hors d'état de nuire l'extra-courant qui se produit,

pendant la fermeture et l'interruption du courant, c'est-à-dire d'empêcher qu'il ne se forme des étincelles sur l'appareil de contact.

Ainsi qu'il est facile de le voir, l'extra-courant rencontre, dans les deux cas, le chemin fermé *e*, *f*, *e*, *g*, terre ; les saillies et cavités sur *d* sont disposées de manière que la durée de ce chemin fermé soit plus longue à l'ouverture qu'à la fermeture du courant. Il faut évidemment tenir compte de la courte fermeture de la batterie, parfois inhérente à cette disposition.

Le commutateur forme la partie la moins compliquée de l'ensemble. Il se compose de disques demi-circulaires *m*, *n*. *o*, *p* (fig. 14) fixés sur le tambour T ; deux de ces disques à la fois se trouvent sur le même côté de la circonférence du cylindre. On pourra donc

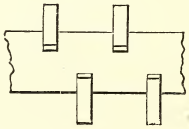

Fig. 17.

comprendre facilement que les disques *m*, *o*, agissent sur les leviers de contact i_1 et i_3, pendant la première minute, c'est-à-dire, pendant un demi tour de T, et les disques *n p* sur les leviers i_2 et i_4 pendant la minute suivante. Dans le premier cas i_1 et i_3 se mettent en contact avec les ressorts *q s*, dont *q* communique avec le pôle K, et *s* avec le pôle Z de la batterie ; dans le second cas i_2 et i_4 se mettent en contact avec *rt* (voir fig. 14 et 16).

Poursuivons maintenant la marche du courant, pendant la première minute : Pôle K de la batterie, ressort q_1, point de rotation des leviers i_1 et i_2 (soulevés en i_1 par le disque m), par le fil à appareil de contact et de la manière décrite ci-dessus successivement aux ressorts f_1, f_2, f_3, reliés avec les lignes L_1 à L_3, terre, point de rotation des leviers i_3, i_4. (i_3 étant soulevés par o), ressort s, pôle Z de la batterie. Les doigts d de l'appareil de contact sont placés, par rapport aux disques m n o p du commutateur de façon que lorsque T commence un mouvement de rotation, ces derniers entrent en action, en premier lieu, et ne cessent d'agir que lorsque les trois lignes ont reçu le courant.

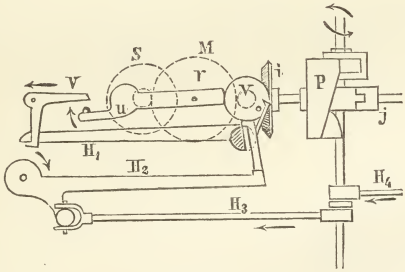

Fig. 18.

Le mécanisme (fig. 20) qui actionne le cylindre T est monté indépendamment de la roue d'échappement r du pendule du régulateur. Les deux mécanismes restent séparés pendant 59 secondes, et à la 60e ils agissent l'un sur l'autre au moyen d'un mécanisme particulier.

La roue S (fig. 18) enclanche l'échappement relié à la tige du pendule. Une autre roue M, rapportée dans la fourche *r*, mobile en *u*, engrène également avec un pignon fixé sur l'axe de la roue d'échappement ; la roue M est en même temps combinée avec un deuxième pignon *v* fixé sur l'axe de la roue située à sa droite. La roue d'échappement S, et par suite le pendule sont actionnés uniquement par le poids de la roue M qui, tournant avec le pignon *v*, entraîne l'axe de la roue d'échappement. M s'abaisse alors lentement, et par suite change constamment de position. Pour que la roue M puisse engrener avec les pignons *s* et *v* à la fois, le rapport de son diamètre à celui de ces deux pignons a été fait très grand. Vers la fin des 60 secondes, M a tellement baissé que la pointe terminant la fourche *r* a fait mouvoir latéralement le levier de déclanchement V, et par suite fait tomber le levier H_1. Il s'ensuit ainsi que l'axe qui porte en un endroit une entaille de sa demi-épaisseur se met en mouvement, et le levier H_2 perdant son arrêt, tombe et effectue, au moyen des bielles H_3, H_4, H_5, (fig. 19) et *t*, le détachement de l'axe du volant à ailettes (1) du mécanisme. Or, pendant que *t* (fig. 20) s'abaisse, le doigt D est pressé sur le côté et dégage le bras d'arrêt N fixé sur l'axe à ailettes W.

Pendant le fonctionnement du mécanisme, dont la

(1) Dans les régulateurs de construction toute récente, le volant à ailettes a été remplacé par une pendule centrifuge.

durée est d'environ 10 secondes, l'aiguille des minutes d'un cadran qui y est rapportée avance d'un cran et fait avancer en même temps l'aiguille des heures.

L'axe *j* du cylindre T du commutateur porte une roue dentée *i* qui pendant la rotation du premier fait un demi-tour. La petite roue dentée engrenant avec *i* fait une révolution ; une goupille fixée sur l'avant agit sur le crochet du levier de déclanchement H_1 qu'il fait ainsi de nouveau enclancher avec V. En même temps, l'excentrique *p* fait tourner l'axe vertical avec lequel sont reliées les bielles H_3 ei H_4 suivant un angle déterminé, de manière que le crochet rapporté à H_2 vienne s'appliquer contre l'axe mi-entaillé de H_1.

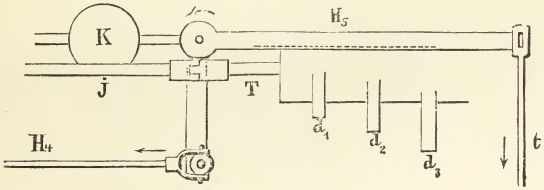

Fig. 19.

Le pignon *v* soulève de nouveau, pendant sa rotation, la roue dentée M, de la quantité dont elle s'est abaissée ; M se déroule en même temps sur le pignon de la roue d'échappement, de manière que la force agissant sur S, reste également constante pendant que M est soulevé. Lorsque la bielle *t* monte, l'axe de la roue à aillettes s'arrête finalement. Le mécanisme est actionné par un poids de 40 kil. qu'on remonte tous les huit jours.

L'ancienne horloge-type de Hipp se compose d'un régulateur ordinaire à pendule à secondes : l'axe mi-entaillé de la roue d'échappement, laisse tomber, à la fin de chaque seconde, un levier qui, au moyen d'une bielle, dégage l'appareil de contact à remontage séparé.

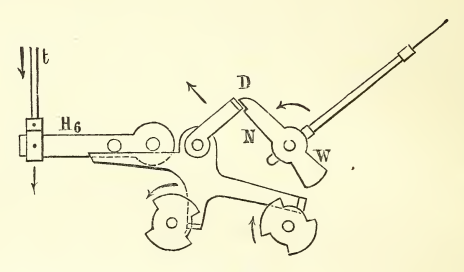

Fig. 20.

L'appareil de contact proprement dit se compose d'un doigt de platine qui dans sa rotation touche un certain nombre de ressorts disposés sur la circonférence et qui sont abaissés par un rail relié avec la terre. Le commutateur reçoit, à chaque minute, au moyen d'une fourche, comme dans la fig. 13, un mouvement d'oscillation d'une certaine amplitude.

Dans de grandes installations Hipp emploie toujours un régulateur auxiliaire qui, lorsqu'il faut absolument renoncer à une horloge-type peut la remplacer directement. Le mécanisme permutateur, est en même temps muni d'un mécanisme de contact à main ainsi que d'un commutateur.

La fig. 21 représente cette disposition. Les fils des lignes ne conduisent pas, en effet, directement aux ressorts *f* de l'horloge-type comme cela a été adopté dans la fig. 14, mais sont reliés avec les tiges Q_1 Q_2 Q_3, du permutateur.

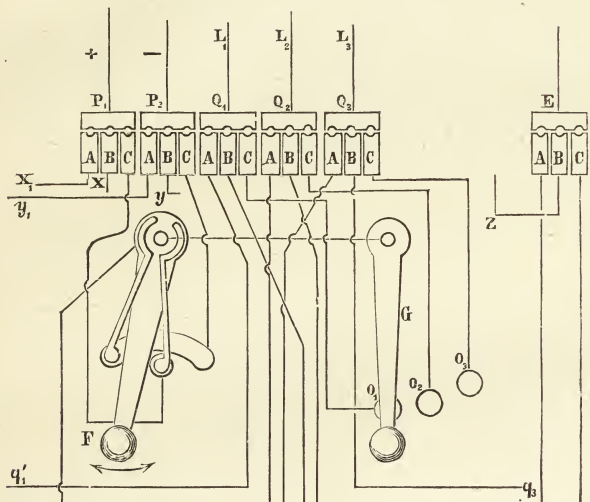

Fig. 21.

A chacune de ces barres transversales Q, correspondent trois barres longitudinales ABC qui sont reliées avec Q au moyen de chevilles y implantées. Des trois barres A, les fils q'_1, q'_2, q'_3 conduisent aux ressorts

(1) Mousson, voyez vol. 3, p. 613.

f_1 du contact du régulateur auxiliaire des barres B ; les fils q_1 q_2 q_3 conduisent aux ressorts f du régulateur principal; enfin les barres C sont reliées avec les boutons de contact o_1 o_2 o_3. Les barres transversales P_1 P_2 reçoivent les deux pôles de la batterie, et les barres longitudinales correspondantes ABC conduisent respectivement aux ressorts du commutateur à main F. Enfin le dernier permutateur E reçoit la ligne terrestre et communique par les fils Z_1 Z_2 Z_3 avec le régulateur principal, le régulateur auxiliaire et la manivelle F.

Habituellement les goupilles se rencontrent en B dans les permutateurs: les lignes, les batteries et la terre sont ainsi mises en communication avec le régulateur principal. En rapportant les goupilles en A, on permute avec le régulateur auxiliaire. Si l'on veut agir à la main sur les appareils à cadran d'une ligne quelconque, on engage les goupilles en C ; on pousse celui-ci sur le bouton du contact o correspondant à la ligne respective, et l'on fait mouvoir F à droite et à gauche, aussi longtemps que cela est nécessaire.

Les horloges de Hipp ont justifié leur réputation depuis 10 à 15 ans dans 56 villes différentes de l'Allemagne, de la Suisse, de l'Italie et de la France, par une marche régulière et continue, comme le constatent de nombreux témoignages émanés des autorités compétentes; en effet, le nombre des appareils à cadran actuellement en marche dépasse le chiffre 1,000,

Le réseau électrique de la ville de Zurich comprend 145 appareils à cadran publics et privés (1) qui, en somme, grâce à la surveillance extrêmement consciencieuse de l'inspecteur, M. Ferd. Meyn, fonctionnent avec une grande exactitude. Les horloges sont réparties sur huit lignes et commandées par trois régulateurs. Comme batterie on se servait, au commencement, d'éléments au charbon et au zinc (sans vases d'argile) de 36 centim. de hauteur, remplis de sel ammoniac et de sel commun (2) ; actuellement, ils sont remplacés par des éléments Leclanché, nouveau modèle, (à plaques dépolarisées) de 21 centim. de hauteur. Pour un régulateur, 7 éléments suffisent généralement, lesquels, s'ils sont neufs, peuvent rester sans surveillance pendant 2 à 3 mois. Les lignes sont toutes posées au-dessus de terre et construites avec du fil de fer galvanisé, de 3 à 3 1/2 millim. d'épaisseur, isolé par des cloches en porcelaine. Comme ligne de retour, on se sert préférablement du réseau de tuyaux de la conduite d'eau de la ville. On ne recommande point d'ajouter des tuyaux à gaz, car, comme l'expérience l'a appris, les bouts de tuyaux vissés ensemble ne présentent pas toujours un contact métallique parfait. Nous avons eu l'occasion d'ob-

(1) Ces derniers sont la propriété d'abonnés et sont généralement payés 85 francs. Le comité d'inspection de la ville entreprend l'installation et l'entretien de la ligne, à raison d'une cotisation annuelle de 20 fr. pour les premières horloges et 10 fr. pour chacune des suivantes.

(2) Biblioth. des actualités Industrielles : *Piles électriques*.

server nous-même cette particularité. Ainsi, un tuyau à gaz ordinaire d'appartement devait servir de ligne de retour d'un appareil à cadran : il a été impossible de le faire marcher exactement. Dans un essai entrepris par nous, pour mesurer la résistance des tuyaux en question, nous avions constaté une polarisation assez forte qui ne pouvait provenir que d'un joint imparfait, partie sec, partie humide. Le fil de la ligne de retour de l'appareil à cadran en question fut donc soudé à un tuyau de la conduite d'eau, et depuis, fonctionne d'une manière continue.

Les perturbations, qui, jusqu'à ce jour, avaient mis à l'épreuve le réseau des horloges de Zurich, provenaient toujours d'une avarie dans les lignes, causée la plupart du temps par des éboulements de terre, principalement dans les nouvelles constructions au-

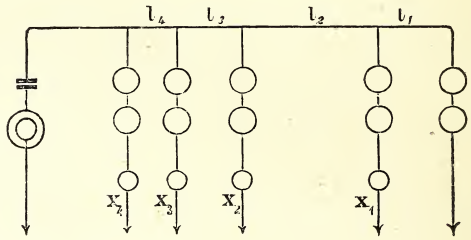

Fig. 22.

dessus desquelles passait une ligne. Nous nous souvenons d'un cas où un ouvrier éloigna de l'isolateur un fil de ligne qui le gênait et le fixa provisoirement à la tige du paratonnerre ! De même aussi l'ins-

tallation des lignes téléphoniques a, comme il était facile de le prévoir, donné lieu à de nombreuses perturbations.

Sur les lignes d'embranchement qui dérivent du régulateur, les appareils à cadran sont placés l'un à côté de l'autre ; de cette manière on parvient à suffire avec une batterie ordinaire. Mais afin d'obtenir une répartition uniforme de courant, il faut placer dans chaque embranchement une résistance artificielle. En désignant (fig. 22) par l_1, l_2, l_3, l_4 les résistances des lignes entre les différents embranchements (pris à partir de leurs extrémités), x_1, x_2, x_3, x_4, des résistances artificielles, on obtient (Schneebeli, *l. c.*) pour la résistance à interpoler dans l'un ou l'autre des embranchements, par exemple l'embranchement m^{me}, d'après la formule :

$$x_m = m l_m + x_{m-1}.$$

Exemple : Il faut faire marcher 5 appareils à cadran, dont les résistances des lignes sont :

$l_1 = 14$; $l_2 = 22$; $l_3 = 10$; $l_4 = 8$ unités Siemens.(1)

Par suite l'on obtient :

$x_1 = 1.14 \quad = 14$ unités Siemens.
$x_2 = 2.22 + 14 = 58$ » »
$x_3 = 3.10 + 58 = 88$ » »
$x_4 = 4.8 + 88 = 120$ » »

(1) Le Dr W. Siemens avait trouvé, pour le rapport de l'unité de mercure à l'unité de l'Association, le nombre 0.9536. Lord Rayleigh trouva, ainsi que M. Sedgwich : 0.7942. Lord Rayleigh aboutit à la conclusion que l'unité Siemens est égale aux 0.9413 de celle que la conférence de Paris a admise pour l'ohm (Note du traducteur).

Comme il est facile de voir, il n'est point question ici de la résistance de l'électro-aimant de l'horloge (environ 170 unités Siemens).

Lorsqu'il s'agit de transmettre des signaux horaires à de grands intervalles seulement, par exemple

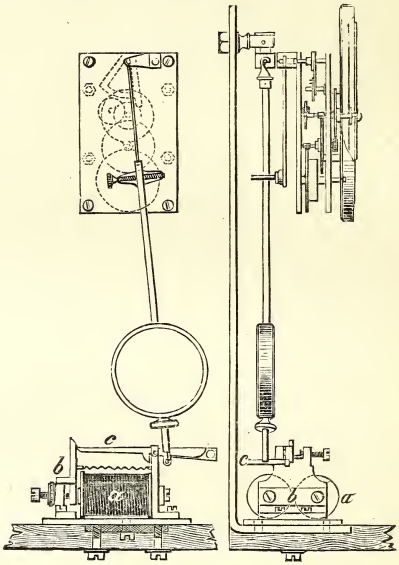

Fig. 23.

une ou deux fois par jour, Hipp emploie alors l'horloge de coïncidence. Le pendule de cette horloge bat 61 secondes par minute. Or, lorsque l'électr o aimant attire son armature, le crochet *b* abandonne le levier *c*, le bras droit (chargé d'un poids) de celui-ci s'abaisse, et le pendule peut passer librement dans

l'axe mi-entaillé de *c*. Cette disposition est recommandable dans tous les cas où il s'agit d'établir la comparaison d'un régulateur avec une horloge astronomique placée à distance. Il faut alors rapporter à cette dernière un mécanisme de contact qui envoie le courant, une ou deux fois par jour, dans l'horloge de coïncidence. Le pendule de cette dernière forme alors avec celui du régulateur comparatif un vernier qui permet d'observer encore la 61e partie d'une seconde. C'est de cette manière que se fait à l'observatoire de Neuchatel, l'indication diurne du temps, d'après les fabriques centrales d'horlogerie de La Chaux-de-Fonds, Locle, Fleurier, Saint-Croix. (Schneebeli, *l. c.*)

Horloge d'Arzberger.

L'appareil à cadran du professeur Arzberger de Brünn (1) est d'une disposition tout à fait particulière.

Entre les deux semelles des pôles *ns* de l'électro-aimant vertical *mm'* (fig. 24) se trouve l'armature *p* de la forme d'une roue dentée; celle-ci porte 6 dents et est mobile; son sommet est de forme arrondie, de manière que le rayon *ra* soit plus grand que le rayon *rb*; il en est de même des autres dents. Lorsque donc

(1) Dingler, tome CXCVII, 1870, p. 210, et tome CCVII, 1875, p. 468.

l'électro est parcouru par un courant, ce qui arrive une fois par minute, les pôles NS attirent l'armature, comme l'indiquent les petites flèches. Sur l'axe *r* de l'armature est placée une roue dentée engrenant avec le pignon *d*, dont l'axe porte le pendule *q* de la forme d'un marteau. Le rapport de ces deux engrenages étant de 6, le pignon *d* fait 6 tours pendant que la roue de commande *r* n'en fait qu'un. L'armature W effectuant, sous l'influence de l'attraction de *ns*, le mouvement en question, de manière que l'arête d'intersection *a* d'une dent vienne se mettre à la place de *b* et *q* à la place de *f*, la lentille du pendule décrit un arc et vient s'arrêter au point *e*. Si l'on interrompt ensuite le courant, *q* retombe de nouveau et reprend sa position, à l'état de repos, indiquée par la figure 24, et

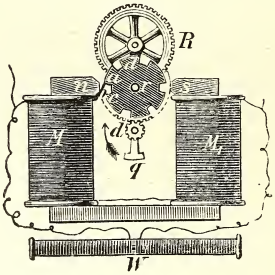

Fig. 24.

fait tourner l'armature avee l'aide de *d*, jusqu'à ce que les arêtes d'intersection *d* et *n* des dents viennent se mettre en face des garnitures des pôles *ns*.

Le courant étant de nouveau fermé, le même jeu recommence. L'engrenage B commande l'aiguille des minutes, et les engrenages intermédiaires, celle des heures. Le mécanisme de contact rapporté à l'horloge-type (régulateur avec pendule à secondes) fait voir une disposition très ingénieuse.

Sur l'axe de la roue d'échappement, qui porte en

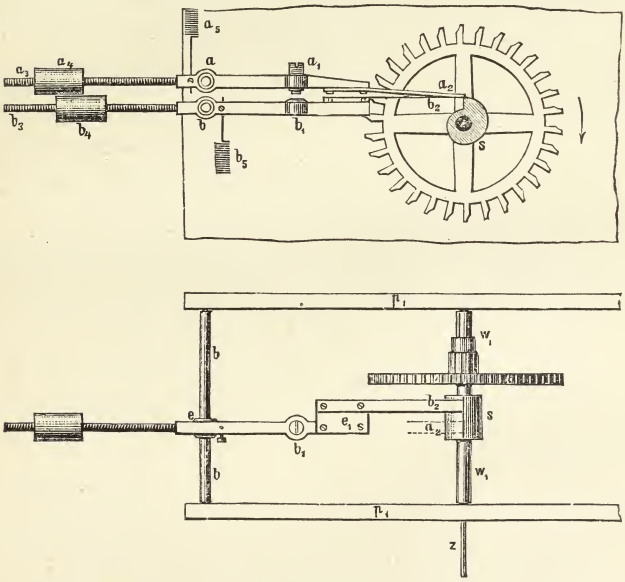

Fig. 25.

même temps l'aiguille des secondes, est fixée une came S (fig. 25, 26, 27, 28), qui, mesurée dans le sens perpendiculaire au plan du cadran, est assez large

pour que les deux palettes a_2 et b_2 puissent affleurer, sans se toucher, le contour extérieur de la came S, pendant que celle-ci tourne dans le sens de la flèche.

Les palettes a_2 et b_2 forment les extrémités de deux leviers mobiles sur les axes a et b. Le levier supérieur porte en a une vis avec tête en platine, le levier inférieur en b_1 une petite plaque en platine; ce dernier est en même temps courbé sur l'arrière, de b_1 vers b_2, de manière à se trouver sur l'arrière de a_2; tandis que a_1 et b_1 sont superposés suivant une même verticale. Sur cette partie courbée est rapporté un appendice en ivoire servant à intercepter toute communication électrique entre b_1 et b_2. L'axe du levier b est également isolé par un petit anneau en ivoire, logé dans l'œil d'articulation.

La palette a_2 (fig. 26), mesurée à partir de a, est plus courte que b_2 mesurée à partir de b, de manière que lorsque l'aiguille à secondes passe de 59 à 60, a^2 tombe, pendant que b_2 appuie encore sur la came S, au point le plus éloigné de l'axe de rotation. La vis de contact a_1 (fig. 27) est placée de manière qu'en ce moment a_2 ne vienne point s'appuyer sur la came S, mais en soit éloignée d'une très faible quantité; a_1 et b_1 sont, par conséquent, en contact; par suite le courant se ferme, les leviers ab étant naturellement placés sur le circuit qui comprend la batterie et les appareils à cadran. Aussitôt que l'aiguille des secondes passe de 60 sur 1, la palette b_2 se détache, et dans l'intervalle de cette chute a_2 frappe d'abord sur s

(fig. 28) et b_2 ensuite; le courant est ainsi interrompu.

En continuant son mouvement de rotation, la came S soulève les deux palettes a_2 et b_2 à la fois; le travail consommé pour leur soulèvement pendant les 58 secondes, de la 1re à la 59e n'est, à chaque battement de secondes, qu'une faible partie du travail total.

La bobine de résistance W (fig. 24), placée parallèlement à l'électro-aimant de l'appareil à cadran sert à éviter les inconvénients du courant induit à l'ouverture, et par conséquent à ménager le mécanisme de contact. La bobine W a une résistance 6 fois supérieure à celle de l'électro; il n'y a donc qu'un septième du courant qui reste perdu.

Cet appareil à cadran de M. Arzberger est installé à l'Ecole polytechnique de Prague, et se distingue, depuis 7 ans, par une marche bien régulière.

Appareil de contact à mercure de Leclanché et Napoli, et de E. Liais.

Le mécanisme de contact de Leclanché et Napoli mérite une mention spéciale.

Nous avons parlé, à la page 21, des inconvénients qui résultent de l'emploi des contacts à mercure; les inventeurs sus-mentionnés sont parvenus à les faire disparaître par la disposition ingénieuse qui suit.

Cet appareil se compose d'une capsule cylindrique en verre maintenue sur un axe et recevant un mouvement de rotation uniforme. La capsule forme deux compartiments séparés par une paroi et contenant chacun une certaine quantité de mercure. Dans la pa-

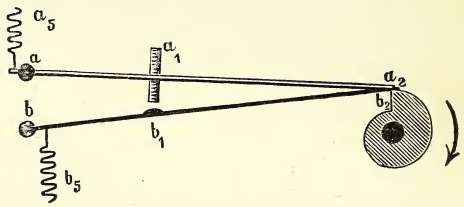

Fig. 26.

roi de séparation est ménagée une ouverture qui, chaque fois que la capsule tourne, laisse les deux masses de mercure, séparées à l'état de repos, se mé-

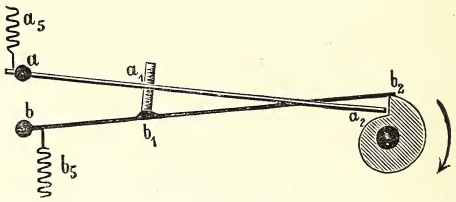

Fig. 27.

langer, et la rotation continuant, se séparer de nouveau. Au moyen d'une disposition convenable des organes, on arrive facilement à répéter ce jeu, une fois chaque minute, pendant quelques secondes de

durée. Après avoir introduit du mercure dans la capsule, on y fait le vide, on remplit de gaz réducteur, puis on ferme hermétiquement.

On fait arriver le courant par l'axe de rotation, de manière que le contenu de chaque compartiment soit en contact métallique avec une des moitiés de l'axe.

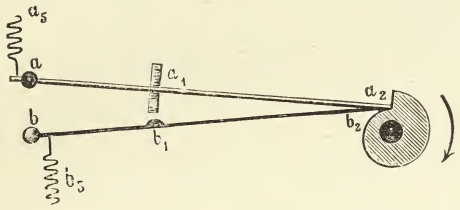

Fig. 28.

Au moment où, par l'effet de l'interruption du courant, les deux masses de mercure se séparent, il se produit effectivement une étincelle, qui ne saurait toutefois oxyder le mercure. Une petite quantité de ce dernier se volatilise nécessairement, mais se condense aussitôt sans donner lieu à aucune diminution de volume au contenu du compartiment.

On peut, au moyen d'une modification convenable, faire en sorte que le contact ait lieu 2 fois à la minute. Il suffit, pour cela, de ménager dans la paroi de séparation, c'est-à-dire aux deux extrémités, deux ouvertures en place d'une, de même diamètre.

Leclanché et Napoli ne transmettent pas le mouvement de la capsule au rouage même d'horlogerie,

mais à un mécanisme de mouvement semblable à celui de la fig. 3 ; ce dernier est dégagé par l'horloge-type, à la fin de l'espace de temps demandé.

L'appareil de contact à mercure de E. Liais présente une disposition analogue avec la différence toutefois que la fermeture du courant a lieu dans une cloche à gaz fixe, isolée de l'air extérieur par une cuve à mercure.

L'appareil à cadran de L. Spellier, à Washington, est muni d'un plus grand nombre d'armatures disposées sur l'avant de la roue, de manière que lorsque celle-ci effectue son mouvement graduel, elles se présentent au passage devant les deux pôles d'un électro aimant. La roue reçoit son mouvement rétrograde, au moyen d'un rouleau de friction, pressé par un poids contre la couronne à denture spéciale de la roue ; le rouleau aide en même temps la roue pour avancer. Le courant est interrompu, à chaque seconde, au moyen d'un dispositif de contact, de construction, à notre avis, assez primitive. En effet, l'axe de la roue d'échappement de l'horloge-type porte un disque en cuivre muni à sa circonférence d'un certain nombre de goupilles en platine. Lorsque la roue tourne, celles-ci viennent se mettre successivement en contact avec un ressort en platine ou en or rapporté sur le côté. Ici, le courant ne passe pas par la base de la roue d'échappement, mais un second ressort effleure d'une manière continue un disque en platine fixé sur l'axe.

Comme conclusion nous donnerons encore un rapide aperçu de l'appareil à cadran de H. Graü, à Cassel, actionné par des courants alternatifs (1).

L'armature se compose de 4 aimants permanents, formés de barres d'acier engagées dans deux disques circulaires en cuivre jaune, fixés sur l'axe de l'armature ; les barres d'acier sont disposées de manière que les pôles de signes contraires se trouvent placés l'un à côté de l'autre. Deux électro-aimants sont placés de manière que l'armature puisse faire un quart de tour à chaque émission de courant ; l'armature n'oscille pas, par conséquent, comme dans les systèmes décrits jusqu'à présent, mais suit un mouvement continu de même direction. Un mécanisme d'encliquetage très ingénieux empêche que l'armature ne prenne un mouvement rétrograde.

L'horloge-type ressemble à celle de Fritz ; mais les contacts à mercure sont remplacés ici par des ressorts de buttée.

(1) *Lum. électrique,* vol. VII, p. 523.

CHAPITRE II

Remise à l'heure

Nous arrivons maintenant à parler d'une autre classe d'horloges électriques qui contrairement à celles décrites jusqu'à présent sont un mécanisme de commande automatique et ne reçoivent qu'à de longs intervalles une impulsion de courant pour le réglage des aiguilles.

Les premières propositions faites pour des dispositions de ce genre sont dues à M. Steinheil (1). L'une de ces propositions consiste dans l'adaption d'un électro-aimant sous le pendule muni d'un morceau de fer doux. L'horloge type ferme le courant à des intervalles de 3 minutes, au moyen de l'électro-aimant mentionné, et sollicite ainsi le pendule de l'horloge secondaire à des oscillations correspondant à celles de l'horloge-type. Ainsi qu'on verra plus loin, ce principe a été de nouveau et tout récemment repris.

Bain envisagea la question sous une manière com-

(1) On trouve dans le *Télégraphic-Journal*, un perfectionnement de cet appareil, 1883, p. 263.

plètement différente (1). Ainsi, l'aiguille des minutes de son horloge était réglée directement, à une heure déterminée, à midi et à minuit, par un courant émis par l'horloge-type. Sur l'axe de l'aiguille des minutes était placé, en effet, un bras engagé dans le levier d'une armature, en forme de fourche, agissant sur un électro-aimant, et effectuant le réglage de l'aiguille des minutes.

Système de Bréguet.

Cet appareil de réglage est de construction semblable mais bien mieux perfectionné (3).

L'axe de l'aiguille des minutes porte en arrière du cadran, un bras x (fig. 30) qui tourne avec l'aiguille. Sur ce bras, agissent, lors du réglage, deux goupilles placées sur l'avant des roues uu_1 (représentées fig. 30 par des points noirs), de manière que l'aiguille des minutes soit par suite placée sur le chiffre XII. Les goupilles des roues uu_1 à mouvement opposé, entraînent et placent x entre elles comme l'indiquent les lignes pointillées (fig. 30). Les roues uu_1 sont commandées par un mécanisme à réglage séparé ; la fig. 29 représente le dernier engrenage r que le levier d'arrêt a maintient dans l'état de repos ; le levier b, fixé avec a sur le même axe f, s'engage dans

(1) *Journal central d'électro-technique.* Tome 3. 1881, p. 419.
(2) Kuhn l. c.
(3) Kuhn, p. 1156.
(4) *Manuel de Télégraphie,* p. 226. — Du Moncel, t. 4, p. 68.

une entaille pratiquée dans la roue de fermeture C, qui fait également partie du mécanisme. Lorsque l'é-

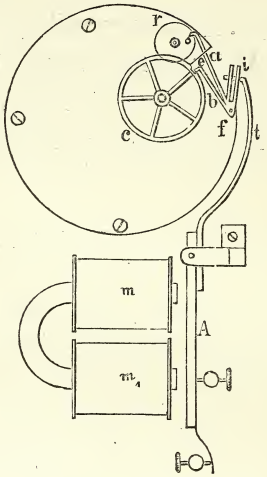

Fig. 29.

lectro-aimant mm_1 attire son armature A, le levier t qui fait corps avec elle, fait mouvoir la fourche i fixée

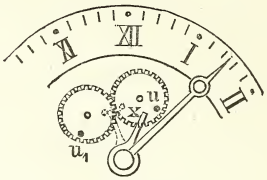

Fig. 30.

sur la droite de f ; le levier a quitte la goupille de la roue r et le levier b sort de l'entaille de la roue de fermeture C.

Ce dernier levier effleure la circonférence de C, et par suite, le levier *a*, étant mis hors de porté de *r*, le mécanisme continue son mouvement jusqu'à ce que *b* vienne de nouveau enclancher avec C ; dans le même moment, la roue *r* est de nouveau arrêtée par le levier *a*. Les roues de renvoi uu_1, sont dans un rapport tel que l'une et l'autre font un tour à chaque déclanchement.

Système de Collin.

Ce système a trouvé une application plus étendue, entre autres, aux horloges des tours de « La Trinité » et de « St-Philippe-du-Roule » à Paris (1). L'horloge secondaire, (fig. 31) est réglée de manière qu'elle ait une faible avance sur l'horloge-type. L'axe de l'aiguille des minutes porte une came D ; dans la position indiquée par la figure, le levier du contact *b* glisse sur le point à peu près le plus élevé de sa circonférence et est en même temps en contact avec un second levier *a*. Un courant qui arriverait en L toucherait donc évidemment la terre en contournant l'électro M par dessus *a* et *b*.

Mais au moment où l'aiguille des minutes arrive sur XII, le levier de contact *b* quitte D, et en tombant, arrive en contact avec C. Le courant dérivé de la ligne passe enfin par dessus M, *c*, *b*, vers terre. L'électro-

(1) Voir page 134.

aimant attirant son armature, arrête, au moyen du long levier *h*, la roue d'échappement R, pendant qu'un couteau rapporté à l'extrémité de ce levier, vient s'engager dans la série de goupilles rapportées sur la face d'avant de R.

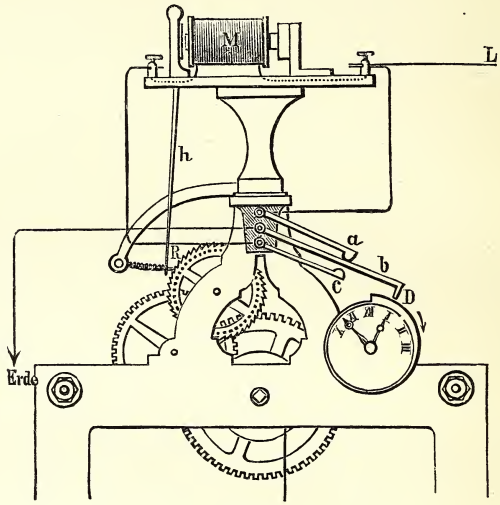

Fig. 31.

Le pendule de l'horloge (non visible sur la figure) oscille donc aussi longtemps « à vide » jusqu'à ce que le courant soit interrompu par l'horloge-type : c'est ce qui arrive au moment où l'aiguille des minutes de la dernière indique XII. La figure 32 fait voir clairement la construction du mécanisme du contact de l'horloge-type.

Aussitôt que l'aiguille des minutes est venue se

mettre sur le chiffre XII, la came D fait retomber le levier *b*, et effectue ainsi l'interruption du courant.

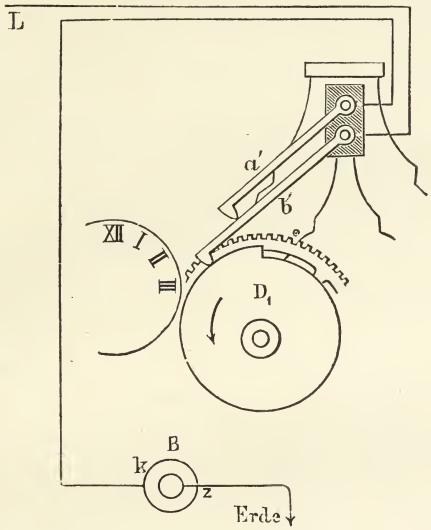

Fig. 32.

Le système Collin a eu du succès, pendant plusieurs années ; il faut évidemment tenir compte d'un petit défaut inhérent consistant en ce que la batterie reste longtemps fermée, à l'effet de solliciter l'interruption de courant dans l'horloge secondaire.

Règlage des horloges à Paris.

A Paris, fonctionnent actuellement plusieurs systèmes qui se font concurrence ; ils ont tous pour but

de régler les horloges publiques par voie électrique. Une courte description en est donnée dans le *Journal électro-technique* (1), ainsi que dans quelques articles insérés dans « *La lumière électrique* » (2) ; nous nous conformerons à celle du premier, quant à sa substance.

Une commission organisée par MM. Le Verrier, Tresca, Becquerel, Du Moncel, Wolff et Bréguet, adopta en 1879 les principes suivants :

Douze pendules à secondes forment autant d'horloges centrales réparties dans la ville. Ils sont reliés à l'observatoire et réglés exactement, à une seconde près, par le régulateur de ce dernier, muni d'appareils de contact. Des horloges centrales, partent des fils qui conduisent aux horloges publiques, réglées à une minute près, toutes les heures. Bréguet a résolu de la manière suivante le problème de faire battre aux horloges centrales la même seconde par le régulateur de l'observatoire. La marche des horloges centrales est réglée de façon qu'elles avanceraient d'elles-mêmes d'environ 20 secondes par jour. A la partie inférieure du pendule, se trouve une armature en fer qui, aux points rétrogrades des oscillations s'approche chaque fois de l'électro placé jusqu'à un mètre de distance ; ce dernier reçoit le courant qui arrive de l'observatoire, une fois chaque

(1) 1882, tome III. p. 15.
(2) 1881 et 1882, tome IV, V et VI.

seconde, y établit ainsi une coïncidence exacte de cette émission du courant avec l'instant de la plus grande amplitude du pendule. L'effet de ralentissement qui généralement se produit ici dans l'attraction de l'armature est entièrement compensé par l'avance en question qu'aurait la pendule en l'absence du courant. L'appareil de contact du régulateur à l'Observatoire se compose de trois goupilles en platine fixées au pendule qui se mettent en contact avec trois ressorts très mobiles, afin de permettre un nettoyage successif des contacts, sans nuire à leur marche.

Le réglage des heures des horloges publiques est effectué par un mécanisme adapté à l'horloge centrale qui envoie, un peu avant les heures révolues, un courant de la durée d'une heure et demie. Les horloges publiques qui doivent être réglées par les horloges centrales sont munies du mécanisme de réglage de cinq systèmes différents qui sont : 1° le système de réglage automatique de Redier et Tresca construit par Lepaute, où, pendant les 30 secondes que dure le courant régulateur, s'effectue le réglage de la longueur du pendule, tandis qu'un pendule auxiliaire, relié au pendule principal, d'une masse 50 fois plus petite que ce dernier, reçoit un mouvement d'ascension et de descente ; 2° le système du réglage proprement dit, dans lequel on agit directement sur les aiguilles, au moyen des dispositifs de Bréguet, Collin, Froment et Garnier ; 3° le système

de réglage (Collin, Redier-Trescaet Borrel), basé sur une légère et constante avance : un arrêt de l'ancre d'échappement a lieu ici pendant la fermeture du courant ; 4° le système de séparation momentanée du rouage de l'échappement et du réglage du premier (voir plus haut la description du régulateur de Collin) ; 5° enfin, un système dit combiné, c'est-à-dire, déduit du quatrième et du cinquième.

L'horloge centrale de la Préfecture de la Seine jouit, en outre, de la particularité de pouvoir utiliser pour bénéficier du courant-régulateur, les lignes déjà existantes, destinées au service télégraphique, et qui se relient aux 20 mairies de la ville. L'horloge centrale, ainsi que les horloges des mairies, effectuent automatiquement, lorsque l'aiguille marque 56′20″, le déclanchement des appareils télégraphiques et l'enclanchement des horloges. Le courant se ferme alors entre 57′30″ à 58′ ; le déclanchement des horloges et le renclanchement des appareils télégraphiques ont lieu lorsque l'aiguille marque 58′20″. Un encliquetage de ce genre, très bien approprié, a été décrit, entre autres, par Garnier et Fénon (1).

Réglage des horloges à Berlin.

A Berlin on a installé, il y a quelques années, six horloges publiques dont la marche est réglée sur

(1) *Lumière électrique*, 1881, tome III, p. 287.

celle du régulateur de l'observatoire (1). Ce dernier ferme le courant, toutes les deux secondes, au moyen d'un ressort de contact. Au pendule des horloges-types, c'est-à-dire des horloges secondaires, est adapté un ressort en spirale qui peut loger intérieurement, pendant les oscillations du pendule, un aimant permanent fixé sur le côté ; l'axe de la spirale est par conséquent placé d'équerre avec l'axe du pendule. Le courant agissant par période, il faut que le pendule de l'horloge secondaire observe la même mesure que celui du régulateur. Ces six horloges-types devaient former plus tard le point de départ pour le réglage d'un plus grand nombre de cadrans à effectuer par la correction des aiguilles.

Système de Barraud et Lund.

Le régulateur électrique de Barraud et Lund est employé à Londres, depuis nombre d'années, avec grand succès, et se distingue par une grande simplicité dans la construction. L'armature de l'électro-aimant *mm* (fig. 34), qui est vertical, est mobile sur l'axe *f* ; le ressort de buttée habituellement en usage est remplacé ici par le contre-poids *g*. A l'extrémité de l'armature en levier se trouvent deux goupilles rr_1 qui s'engagent dans deux fourches ss_1 mobiles

(1) *Journal électro-technique*, 1881, tome I, p. 235.

sur des goupilles (dans la figure ces goupilles sont représentées hors de prise avec des fourches). Chacune de ces fourches porte une goupille pp_1; elles traversent toutes deux le cadran par une entaille courbe. Ainsi que le fait voir la fig. 33, l'entaille est pratiquée au-dessus du chiffre XII ; à l'état de repos, les goupilles pp_1 se trouvent aux extrémités de l'entaille. Or, lorsque l'électro-aimant mm^1 attire son armature, le levier s'abaisse et vient faire croi-

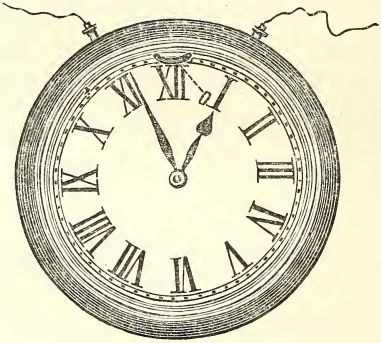

Fig. 33.

ser les bras de la fourche pp^1. Le courant se ferme, aussitôt que l'aiguille des minutes se trouve dans le voisinage direct du chiffre XII ; elle est nécessairement entraînée par l'une ou l'autre des goupilles et mise à l'heure exacte. Un instant après, le courant est interrompu ; l'électro relâche son armature et les goupilles s'éloignent de nouveau l'une de l'autre.

En 1879, nous avions l'occasion de voir fonctionner ce système dans les ateliers de E. Tyer à Londres (inventeur connu de l'appareil Block-system). Toutes les parties du petit appareil étant construites avec soin, le mouvement du levier ne demande qu'une faible dépense de force.

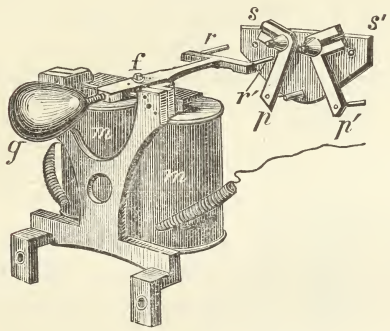

Fig. 34.

En ce qui concerne la disposition de l'horloge-type qui, comme on le sait, doit émettre un courant, toutes les heures, nous ne pouvions avoir aucun renseignement précis ; le discours fait, à ce sujet par A. Lund, en 1881, à la Société des ingénieurs-télégraphistes ne fit rien connaître de nouveau (1). On a reproché à la disposition dont nous venons de parler l'irrégularité qui se reproduit toutes les heures; par suite, le joint de la gaîne de l'aiguille des

(1) *Journ. Soc. Tél. Eng.*, vol. 10, 1881, p. 381.

minutes avec son axe doit nécessairement perdre de sa précision avec le temps. C'est ce qui a lieu lorsque le système doit être adapté à une horloge ordinaire. Dans le cas contraire, il n'y aurait point de difficulté à adapter un mécanisme semblable à celui rapporté sur l'axe des roues-types de l'appareil imprimeur de Hughes.

Système de Siemens et Halske.

Le régulateur imaginé par Siemens et Halske (1) en 1876, est de construction très ingénieuse. L'axe de l'aiguille X (fig. 35) d'un mécanisme d'horlogerie de construction quelconque, sur lequel est fixée l'aiguille des montres Z, est entraînée par frottement par la roue des minutes, folle sur l'axe de l'aiguille ; un ressort en spirale appuie cette roue contre un disque de friction fixé sur l'axe. Deux roues à rochet S et S_1 munies, sur environ leur demi-circonférence, de dents de direction opposée et placées l'une derrière l'autre, sont reliées solidement avec l'axe X de l'aiguille Z. Dans le voisinage de ces roues, est placé l'échappement E mobile sur l'axe *u*. La roue d'échappement S, actionnée par le poids P, est sollicitée à un mouvement de va-et-vient ; à l'état de repos, celui-ci est arrêté par le levier H, qui fait corps avec

(1) *Journal électro technique allemand.* Tome I, 1880, p. 247.

l'échappement. Au moyen d'un épaulement fixé à son extrémité inférieure, ce levier est maintenu par le crochet *m*, rapporté à l'extrémité de l'armature à levier A.

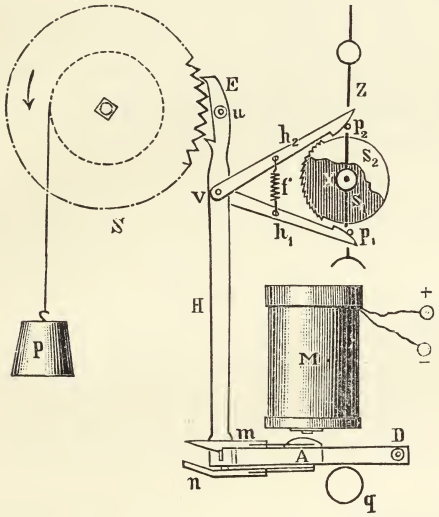

Fig. 35.

Avec les roues à rochet S_1 et S_2, enclanchent les deux crochets n_1 et n_2 articulant en *v* le levier H ; un ressort de torsion *f* appuie contre les buttoirs fixes p_1 p_2, ces deux crochets et, à l'état de repos, sont hors de prise avec les dents des roues à rochet.

Lorsqu'un courant passe par l'électro-aimant M, celui-ci attire l'armature A ; le crochet *m* déclanche

le levier H, et la roue d'échappement avance d'une dent. Les crochets n_1 et n_2 peuvent donc agir ici sur l'une des roues S_1 et S_2, puisqu'en ce moment ils vont s'engager dans le creux des dents. Le crochet n_1 ou n_2 rencontrant donc les dents de sa roue à rochet, fera avancer celle-ci, ainsi que l'aiguille Z reliée avec S_1 et S_2 d'une quantité correspondant à la levée de n_1 et n_2. Les émissions de courant étant répétées l'aiguille, dont la position est variable, pourra donc tourner jusqu'à ce qu'elle ait atteint la position normale. Mais dans cette position, les crochets h_1 et h_2 ne rencontrent plus de dents à la couronne des roues S_1 et S_2 et, par suite, ne peuvent plus pousser à la rotation de l'aiguille. Les dents des roues S_1 et S_2 étant de direction opposée, l'aiguille peut, soit qu'elle doive être en avance, soit qu'elle doive être en retard, être mise dans sa position normale à l'heure complètement révolue par des émissions de courant.

Afin que le levier H ne puisse continuer son mouvement d'oscillation, lorsque l'armature est attirée, on a rapporté à cette dernière un second appendice ou nez n qui vient se placer devant l'épaulement du levier après que celui-ci a pris, sous l'action d'un courant, sa direction vers la gauche. De cette manière on empêche que le levier reprenne sa position, à l'état de repos, avant que le courant ne soit interrompu et que A ne soit de nouveau retombé sur la goupille q. Le levier H ne peut par conséquent faire

qu'une seule oscillation à chaque déclanchement et ne communiquer aux crochets h_1 et h_2 qu'un seul mouvement de va-et-vient.

Si l'angle d'oscillation que les crochets h_1 et h_2 font prendre à l'aiguille Z par un simple déclanchement est pris plus grand que celui correspondant à l'erreur possible dans l'espace d'une heure, un seul courant envoyé par l'horloge type, chaque fois l'heure révolue, suffit pour corriger constamment les erreurs com-

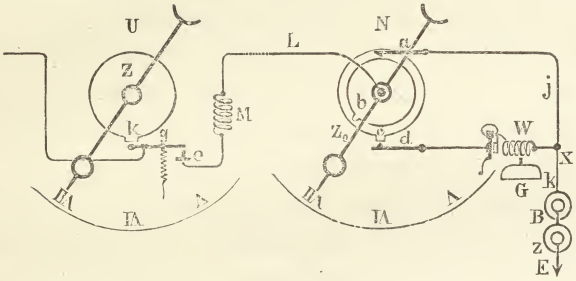

Fig. 36.

mises par toutes les horloges secondaires. En émettant successivement plusieurs courants, on arrive à corriger des erreurs plus fortes et par suite à régler non-seulement les horloges, mais encore à les mettre à l'heure dans l'intervalle de limites déterminées ; mais si l'on ne tient point à cela, les engrenages S_1 et S_2 reçoivent chacun seulement une dent ou goupille en cet endroit.

Avec l'appareil de réglage qui vient d'être décrit on a également combiné un appareil contrôleur qui

permet de surveiller, d'un point central, les heures indiquées par chacune des horloges secondaires.

L'aiguille Z de l'horloge-type N (fig. 36) porte sur son axe de fermeture de courant *b*, lequel n'effectue au contact *a* qu'une fermeture de courant de peu de durée et au moyen, de cette dernière, la correction de l'aiguille de l'horloge secondaire U ; elle porte, en outre, un second organe *c* qui effectue au contact *d*, à un moment déterminé, par exemple, comme dans la fig. 36, lorsque Z se trouve sur VII, une fermeture de courant de la durée d'une minute.

L'axe de l'horloge secondaire U porte une came R qui, lorsque l'aiguille Z est placée sur VII, supprime le contact du levier de contact *g* avec *e*, et interrompt ainsi le circuit pendant un peu plus d'une minute. Dans l'horloge-type, est placée une sonnerie W à interruption automatique, qui règle l'interruption du courant entre *e* et *g*, quand l'horloge secondaire ne coïncide pas exactement avec la fermeture du courant entre *c* et *d*, c'est-à-dire lorsque l'aiguille Z aura avancé ou retardé. Ainsi qu'il est facile de le voir, le courant correcteur proprement dit, qui est émis lorsque l'aiguille est placée sur le chiffre XII, ne passe pas par la sonnerie, mais par-dessus *j*, *a*, *b*, *c* et plus loin.

Lorsque plusieurs horloges sont placées sur un seul et même circuit, chacune d'elles conserve le même dispositif, de manière toutefois que celui-ci ne

fonctionne qu'à un moment différent pour chacune des horloges.

Le mécanisme de contrôle, qui vient d'être décrit, combiné avec l'horloge fig. 36, a fonctionné dans les ateliers de Siemens et Halske pendant deux hivers rigoureux, tout en ayant été placé contre l'extérieur du mur d'un bâtiment.

Ulbricht signale un mécanisme de contrôle tout à fait semblable, déjà plusieurs fois exécuté par Renzsch à Meissen ; il agit directement sur le pendule d'une horloge secondaire. Si celle-ci avance, par exemple, d'une minute par jour, le contact se fait, une heure s'étant écoulée, de 2 1/2 secondes en avance sur le moment de suppression du contact dans l'horloge-type. A partir de ce moment jusqu'à l'instant où le ressort de buttée cesse son contact dans l'horloge-type, par conséquent 2 1/2 secondes durant, le circuit est fermé et le pendule de l'horloge secondaire est maintenu fixe par un électro-aimant rapporté à la partie inférieure ; le pendule n'est rendu libre que lorsque les deux horloges ont de nouveau leurs aiguilles dans la même position.

Système de Hipp.

En dernier lieu mentionnons encore l'appareil correcteur de Hipp dont la description n'a pas été publiée jusqu'à ce jour.

Sur la face de la platine n_1 de l'horloge secondaire, (fig. 37) est rapporté le petit électro-aimant o_1 dont l'armature p_1 est fixée à un coude q_1. Le bec r_1 de ce levier appuie contre une goupille fixée dans le levier s_1 mobile sur l'axe t_1. Ce levier porte un bloc u_1 en forme de V qui, lorsque le premier s'abaisse, peut saisir la goupille v_1 fixée sur la face de la roue d'échappement s_1 et mettre celle-ci en position sur XII. Lorsque l'électro-aimant o_1 attire son armature, le levier s_1 s'abaisse ; il enclanche, de nouveau, par le moyen des deux goupilles y_1 y_1 fixées sur la face de la roue des heures z_1, l'une des deux soulevant le petit bras a_n lorsque celle-ci tourne.

L'horloge-type n'est autre qu'un des régulateurs représentés fig. 11 et 13, et envoie par conséquent, comme les précédentes, un courant alternatif dans sa direction, toutes les minutes. L'horloge qui vient d'être décrite peut donc être placée, tout comme un appareil à cadran électrique sur une des lignes d'embranchement du régulateur. Or, le courant n'agit point ici à chaque minute, mais seulement toutes les 6 minutes. Le circuit de l'électro aimant o ne se ferme, en effet, que lorsqu'une des goupilles y_1 y_1 sur la lame de ressort d_1 en la mettant ainsi en contact avec l'autre lame.

L'ouverture du bloc u_1 est faite de manière qu'on puisse corriger un retard ou une avance de 5 secondes. Une horloge auto-électrique, avec pendule à demi secondes, (voir IIIe partie) pour lequel ce dispo-

sitif est destiné, variera par conséquent d'un peu moins de 10 secondes en 6 heures de temps, lorsqu'elle est soigneusement réglée ; la correction peut d'ailleurs se faire, à volonté, toutes les heures.

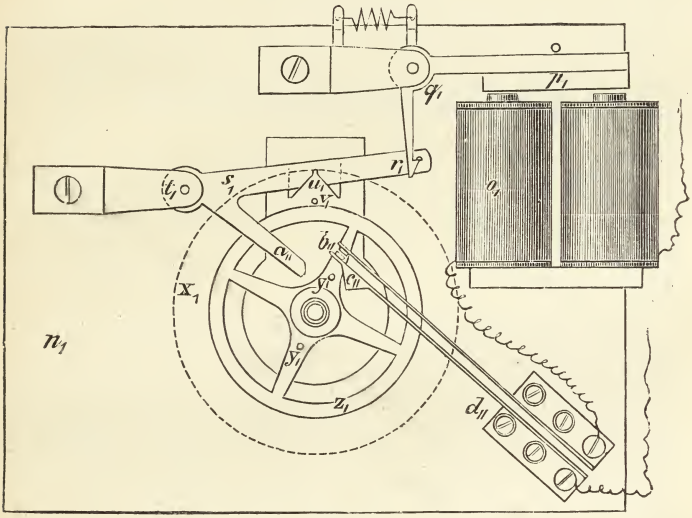

Fig. 37.

Le dispositif qui vient d'être décrit, est destiné, en premier lieu, aux horloges à pendules électriques (voir le chapitre suivant) devant servir de régulateurs, dits transmetteurs. Dans un réseau étendu d'horloges sympathiques (Ch. I), les groupes très éloignés du régulateur principal reçoivent une horloge-type spéciale qui reçoit sa correction du premier de la manière déjà décrite, toutes les 6 heures.

CHAPITRE III

Horloges à pendules électriques.

La première horloge qui recevait son mouvement, non pas d'un poids ou d'un ressort mais d'un courant électro-magnétique a été construite par Bain en 1840 (1).

Dans cette horloge, le pendule suspendu à un ressort élastique porte au bas de son disque un ressort à boudin dont les extrémités sont relevées sur sa tige. De chacun des côtés de ce ressort se trouvent deux forts électro-aimants placés de manière qu'ils présentent au ressort leurs pôles de même nom. A son extrémité supérieure, près du point de suspension, la tige du pendule porte une goupille en platine qui se met en contact avec un ressort lorsque ce dernier oscille vers la droite. Lorsque le courant est fermé, le ressort à boudin repoussé par l'électro de droite est attiré par celui de gauche ; le courant étant ensuite interrompu, le pendule oscille vers la gauche. Mais, par suite de son inertie, le

(1) Mech. Mag. XXXIX, p. 64. — Kuhn, p. 1136.

pendule oscille de nouveau vers la droite ; le courant est de nouveau fermé, et ainsi de suite.

La première des conditions pour le fonctionnement régulier d'un appareil de ce genre est évidemment une source d'électricité à action aussi invariable que possible. Faraday rapporte qu'avec un seul élément il était parvenu à conserver à une pendule de Bain une marche régulière pendant 6 mois.

Les pendules électriques de Weare (1) sont de construction tout à fait semblable ; toutefois, l'inventeur a construit des horloges dans lesquelles une aiguille aimantée est fixée sur un axe formant avec un ressort en spirale une espèce de balancier comme dans les montres de poche. Lorsque le pendule est à l'état de repos, le balancier ferme le courant à travers un ressort en spirale plat dans lequel est logée l'aiguille qui, par conséquent, reçoit sur son axe, un mouvement d'oscillation vers un des côtés : le courant est en même temps interrompu, l'aiguille replacée par un ressort dans son état de repos, et ainsi de suite.

Horloges de Vérité, Froment et de Kérikuff.

Parmi les nombreux autres types proposés d'horloges électriques, nous pouvons encore citer les suivants :

(1) Kuhn, p. 1137.

En 1855, Vérité (1) applique à son régulateur électrique un pendule compensateur avec une lentille de 35 kilog. ; l'impulsion lui était donnée par deux cloches suspendues à l'armature. Près de son point de suspension, une petite pièce transversale était fixée perpendiculairement à l'axe de la première. Cette pièce portait, à chaque extrémité, à égales distances du pendule, une goupille en argent dirigée perpendiculairement, et s'engageant dans une cloche, sans toutefois la toucher. Dans un support spécial, placé au-dessus du point d'appui du pendule, était rapporté l'axe du levier à bras égaux de l'armature des deux électro-aimants. Chaque bras du levier portait, à égale distance de l'axe d'oscillation, une clochette assujettie par un fil d'argent. Le circuit avait la disposition suivante : lorsque le pendule arrivait dans l'une ou l'autre des positions extrêmes d'oscillation, l'une des deux goupilles, rapportée sur la pièce transversale de la tige, fermait le courant en touchant le sommet de la cloche placée au-dessus ; l'armature de l'électro-aimant placée du même côté était ainsi attirée, et par l'effet de la traction du fil d'argent, le pendule recevait une nouvelle impulsion qui se répétait après chaque oscillation.

Kuhn observe avec justesse que, dans cette disposition compliquée, tout d'abord l'établissement

(1) Kuhn, p. 1152.

des contacts ne saurait être assuré, quant à la durée et qu'ensuite les fils fins d'argent s'allongent sous l'action de la chaleur du courant ; de là, la nécessité d'une surveillance minutieuse.

Dans l'horloge électrique de G. Froment, le pendule porte, près de son point de suspension, une vis dont l'extrémité est dirigée verticalement, et directement au-dessus, un petit poids est fixé à l'une des extrémités d'un levier-ressort. Ce poids est maintenu par le levier de l'armature d'un électro, à une hauteur déterminée, assez longtemps pour qu'un contact avec la vis ne puisse avoir lieu que lorsque le pendule oscille vers la gauche. Ce mouvement fait fermer la chaîne; l'extrémité de l'armature, qui soutient le poids, est dégagée et ce dernier tombe sur un disque rapporté au pendule. Le poids reçoit, en conséquence, une impulsion entièrement indépendante de la force du courant. En 1876, nous avions eu l'occasion de voir fonctionner dans les ateliers de M. Dumoulin-Froment à Paris, un pendule de ce genre destiné à faire marcher des appareils à cadran sympathiques et nous rendre compte du bon fonctionnement : Kuhn (*l. c.*) est cependant d'avis que, comme le poids en question ne doit être faible que dans le cas de non-avaries à la vis qui reçoit le choc, il est difficile d'arriver à actionner régulièrement un mécanisme de mouvement. Nous ne pouvons nous prononcer sur ce point, car le pendule que nous avons vu et qui correspond au pendule astro-

nomique de Hipp décrit plus loin, n'était pas muni d'un mécanisme.

Le pendule électrique de H. de Kérikuff (1) fait voir une disposition toute particulière, dans laquelle la pile est remplacée par des courants produits dans les aimants d'induction, pendant les oscillations du pendule.

A la tige du pendule, est fixée une pièce transversale en cuivre portant deux aimants à ses extrémités. A sa partie supérieure, des deux côtés du pendule, sont rapportées deux bobines disposées de manière que pendant les oscillations, les deux aimants produisent des courants induits dans les bobines, qui se rapprochent ou s'éloignent. Ces dernières sont employées à aimanter deux électro qui doivent alimenter le mouvement du pendule. Le permutateur qui envoie les courants dans l'un ou l'autre des électro-aimants est placé en-dessous du point de suspension du pendule.

Nous ne voulons pas entrer dans de plus longs détails, puisque l'horloge de de Kérikuff n'a pas, à notre connaissance, trouvé d'application générale. Toutefois nous sommes de l'avis de M. Kuhn quand il dit que l'application de ce principe au mouvement d'horlogerie doit avoir des inconvénients particuliers. L'inventeur admet, en effet, que le pendule conserve invariablement son amplitude initiale

(1) Kuhn, p. 1154;

d'oscillation. Il existe d'ailleurs, une source de perturbations dans le mécanisme de contact pour la commutation des courants qui comprend plusieurs godets de mercure ; ces inconvénients ont déjà été signalés p. 12. M. Kuhn (*l. c.*) a cependant proposé plusieurs perfectionnement que nous ne voulons point mentionner ici.

Horloges à pendule électriques de Liais et de Kramer.

Le problème des oscillations du pendule, au moyen d'une force parfaitement constante a, à ce qu'il paraît, déjà été résolu par E. Liais, en janvier 1851, il est vrai, avec une dépense considérable en moyens mécaniques et électriques (1). Liais ne se servit pas, comme Weare, Bain et autres, d'un électro-aimant qui, fixé à la tige du pendule, oscillait entre les pôles d'un aimant. Le mouvement du pendule, au contraire, était transmis à une plaque métallique dégagée à temps puis retenue de nouveau. Une description complète de cette horloge très compliquée se trouve dans Du Moncel (2).

A peu près à la même époque, le docteur Kramer inventeur du télégraphe dit à cadran, primitivement très employé, résolut le même problème, mais avec

(1) Kuhn, p. 1145.
(2) Du Moncel, *Exposé*, vol. IV, p. 1147.

beaucoup plus de simplicité. Dans son système, la fermeture du courant s'effectuait, au moyen d'une vis de pression rapportée à un bras latéral de la tige du pendule ; elle vient se mettre en contact avec un ressort à la fin de l'oscillation. Ce dernier appuie ordinairement sur l'extrémité d'un levier de l'armature d'un électro-aimant, ce levier étant poussé par une spirale contre le ressort de contact. Le courant étant fermé, l'électro-aimant attire son armature, pendant que la vis de pression maintient le ressort de contact. Lorsque le pendule revient sur lui-même, ce ressort exerce sur la vis une pression de durée plus longue que la vis sur le ressort ; celle-ci restitue, par conséquent, au pendule la perte de force, après chaque oscillation. Mais, comme le ressort de contact atteint de nouveau le levier de l'armature qui avait un peu reculé par suite de l'attraction par l'électro, il reste en arrière sur la vis de pression. Le courant est ainsi interrompu, l'armature dégagée, et le ressort de buttée ramène le ressort de contact à l'état de repos, au moyen du levier de l'armature.

Tous les mêmes mouvements se répètent à la fin de la nouvelle oscillation. D'ailleurs, on ne prend pas ici en considération l'intensité, du moment qu'elle est simplement suffisante à effectuer l'attraction de l'armature.

Le rouage de l'horloge reçoit son mouvement de

(1) Dub., *Application de l'électro-magnétisme*, p. 727.

rotation non pas du pendule mais de l'électro-aimant ; pour cela, le levier de l'armature est muni d'un bras qui, au moyen d'une ancre, agit sur la roue d'échappement.

Quant aux horloges à pendule électriques de Lamont, Jacobi, Houdin et Detouche, nous sommes obligés de renvoyer à l'excellent ouvrage de du Moncel.

Horloge à pendule de Hipp.

De même que les appareils à cadran, les horloges de Hipp on trouvé une application ; c'est pourquoi nous allons nous arrêter un peu plus longuement au sujet de ces dernières.

Dans ce système d'horloges électriques, le pendule à secondes ou à demi-secondes (notre description se rapporte à un pendule à demi-secondes) est muni d'une forte lentille et est, comme à l'ordinaire, suspendu à un ressort. A chaque oscillation, le pendule entraîne une armature Graham (que fait voir clairement la fig. 11) qui porte à son bras supérieur un contre-poids mobile. A l'extrémité inférieure de l'armature, est rapportée une ancre qui, à chaque mouvement rétrograde, fait avancer d'une dent la roue d'échappement ; le crochet de retient empêche que celle-ci ne prenne un mouvement rétrograde. Sur l'axe de la roue, est fixée l'aiguille des secon-

des ; les roues des minutes et des heures sont mises en mouvement de la manière connue. La tige du pendule porte, au bas de la lentille, une armature en fer doux qui, pendant les oscillations, affleure de très près les pôles d'un électro-aimant placé verticalement (fig. 38 et 39).

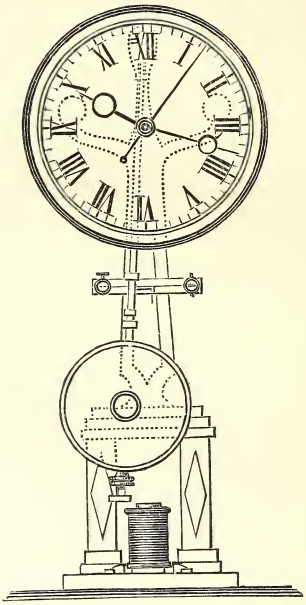

Fig. 38.

Le courant a donc pour effet de maintenir ici à peu près constantes les oscillations du pendule, de lui communiquer toujours un mouvement d'entraînement lorsque l'arc d'oscillation diminue d'une

certaine quantité ; ce résultat est obtenu au moyen du mécanisme de contact représenté fig. 38.

Le pendule est de forme coudée vers son milieu et porte, à cet endroit, une pièce en cuivre qui reçoit un prisme en acier à deux entailles. A la colonnette en cuivre *a*, est fixé un ressort plat en acier *c*, suffi-

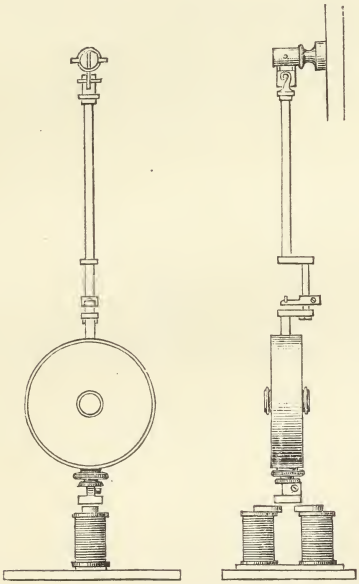

Fig. 39.

samment fort. En *c*, se trouve une palette en acier qui se meut facilement dans des goupilles minces. A l'état de repos, le ressort *c* repose sur une vis terminée par une pointe en agate. La palette a son

point de rotation dans le plan du pendule, sur le côté de ce dernier à l'état de repos : c'est ce qui nécessite justement le coude en cet endroit. Si maintenant on donne une impulsion à la main au pendule, la palette glisse facilement, à chaque va-et-vient, par dessus le prisme rapporté à la tige. Mais, comme les arcs d'oscillation diminuent peu à peu, le point de retour du pendule vient finalement coïncider avec le point *c*. La palette vient, par conséquent, s'appuyer contre une fourche, le ressort *c* est soulevé et entre en contact avec la vis c_1. Le courant venant de la batterie contourne maintenant l'électro-aimant par dessus c_1, *c* et *a*. En ce moment, le pendule se trouve sur le côté de l'électro, et l'armature fixée au bas de la lentille est, par conséquent, fortement attirée. Le courant est donc de nouveau interrompu, puisque la palette abandonne aussitôt le prisme.

Suivant la résistance de l'électro-aimant, le courant se ferme toutes les 15 à 40 secondes. Nous avons une horloge de Hipp (construite par l'horloger Brunko à Zurich) qui marche depuis trois ans ; sa batterie, composée de deux éléments Leclanché, nouveau modèle (1), n'est renouvelée que deux fois par an. Lorsqu'on remplace les éléments, l'interruption du courant s'effectue toutes les 40 secondes, et après quelques mois, déjà toutes les 12 à 18 secon-

(1) Hauck. *Piles électriques.*

des, sans que pour cela l'horloge fasse voir une marche irrégulière ; elle tend toujours à rester un peu en retard avec un courant fort, et à avancer

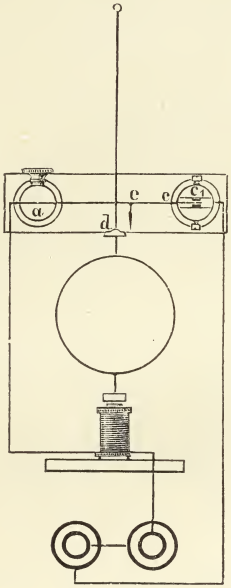

Fig. 40.

avec un courant faible. Par suite de la grande mobilité de la palette, les horloges à pendule de Hipp font entendre, de temps à autre, lorsque le courant se ferme, un grasseyement désagréable dû aux vibrations de la palette. Dans notre système d'horloge, on n'observe plus que rarement ce phénomène, depuis que Brunko a adapté un très faible ressort qui

exerce par en haut une faible pression contre l'ancre d'échappement. Dans le nouveau mécanisme de contact de Hipp, on a tenu un peu mieux compte de cette circonstance (voir plus loin).

Avec la forte batterie que nous avons employée, nous n'avons pas trouvé nécessaire de nettoyer les points de contact en c_1 (or et platine) plus de deux fois par an. Cette opération, d'ailleurs, peut se faire en peu de minutes ; il suffit de desserrer la vis de pression en *a* pour enlever le ressort *c*. Au reste, dans l'horloge de Hipp, un contact défectueux ne donne pas lieu à autant de perturbations que dans beaucoup d'autres systèmes ; si, au premier soulèvement du ressort *c*, le courant tardait à venir, le même jeu devrait être répété 5 à 6 fois, jusqu'à ce qu'enfin l'électro-aimant commence à agir.

Aussi, Hipp a pourvu ses horloges d'un mécanisme qui permet d'éviter l'étincelle de l'extra-courant (fig. 41).

A l'état de repos, c'est-à-dire, lorsque la batterie est ouverte, l'électro-aimant au-dessus de *a* et de la lame de ressort supérieur *c* est fermé ; *c* repose, en effet, sur une vis à pointe en platine c_1; par contre, sur une autre vis à tête en agate. Lorsque la palette se soulève, le ressort *c* (dont le point d'attache est isolé de celui du ressort c_1), se met d'abord en contact avec *c* ; la batterie se trouve ainsi fermée, pendant un court instant au-dessus de c_1 et de *a*. Un moment après, *c* est soulevé par *a*, et le courant

circule dans l'électro-aimant. Lorsque la palette descend, le même jeu se répète, de manière que l'extra-courant produit à chaque fermeture ou ouverture de la batterie, trouve le chemin fermé. Les courtes fermetures répétées entraînent naturel-

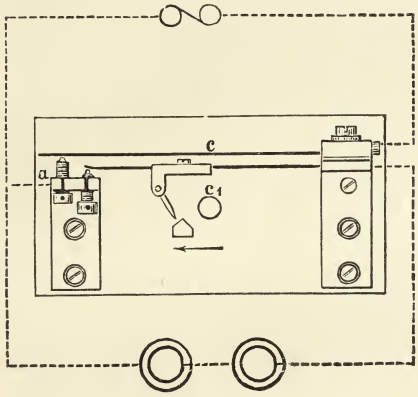

Fig. 41.

lement une usure un peu plus forte. Schnebelé (*l. c.*) remarque avec justesse que dans cette disposition la magnétisation finale de l'électro-aimant a lieu plus lentement que dans l'interruption ordinaire de courants ; toutefois cette circonstance où il n'est point question d'actions à succession rapide de l'électro, est de peu d'importance. Plusieurs autres moyens ont été également proposés pour arriver au même but (voir appareil de contact de Arzberger, fig. 20).

Dans l'horloge de Kramer (voir plus haut), le point de l'interruption est relié avec un fil en spirale d'une résistance environ 10 fois plus grande que celle de l'électro ; d'après l'auteur elle aurait fourni de bons résultats (1).

Nous rappellerons encore que les premières horloges de Hipp, datant d'une soixantaine d'années, faisaient voir une tout autre disposition du mécanisme de contact. La palette se trouvait au-dessous de l'armature placée sous le pendule, le ressort de contact (ou en place un double levier de construction spéciale), au contraire, entre les deux rondelles de l'électro-aimant (2).

L'exposition d'électricité à Paris, en 1881, fit voir une horloge de Hipp particulièrement destinée au service astronomique, dont la description n'a pas encore été publiée jusqu'à ce jour. Grâce à la bienveillance de M. Hipp, nous sommes à même de pouvoir fournir tous les détails désirables de cet appareil de conception vraiment ingénieuse.

La fig. 42 donne une vue d'ensemble d'une de ces horloges. Le mécanisme d'horlogerie n'existe point, mais à chaque seconde un courant est envoyé au moyen de contacts convenablement adaptés, dans un appareil à cadran (comme celui de la fig. 9), avec la différence que l'aiguille à secondes est placée sur

(1) Dub., p. 729.
(2) Mousson, *Physique*, 2e édit., vol. III, p. 611.

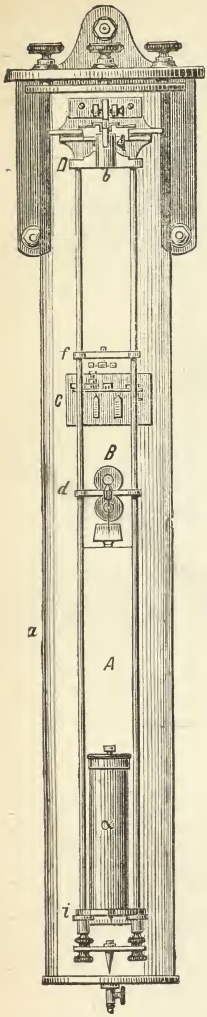

Fig. 42.

l'axe de la roue d'échappement. Le cylindre en verre *a* isole le pendule de l'air atmosphérique extérieur, les variations de pression de ce dernier n'exerçant par conséquent aucune influence sur la marche de l'instrument. Le cylindre en verre est généralement vide ; afin d'éviter ainsi l'influence des variations de température sur la densité de l'air intérieur.

Dans cet appareil nous distinguerons d'abord les principales parties suivantes :

1. Le pendule A proprement dit, avec son ressort de suspension et sa lentille ;

2. L'électro-aimant B qui entretient les oscillations de la manière décrite plus haut ;

3. L'appareil de contact C ;

4. Le commutateur D qui, à chaque oscillation du pendule, envoie un courant dans l'appareil à cadran, chronographe, etc., au moyen d'une seconde batterie.

Le pendule se compose de deux tiges en acier reliées entre elles par 4 traverses. La première embrasse le ressort de

suspension ; la deuxième supporte l'armature de l'électro ; la troisième, le prisme en acier de l'appareil de contact ; la quatrième enfin, la lentille en verre *a* rempli alors de mercure.

L'électro-aimant n'agit pas, comme celui de l'horloge précédemment décrite, à l'extrémité du pendule, mais en son milieu ; l'ancre oscille par conséquent, entre les deux rondelles de l'électro.

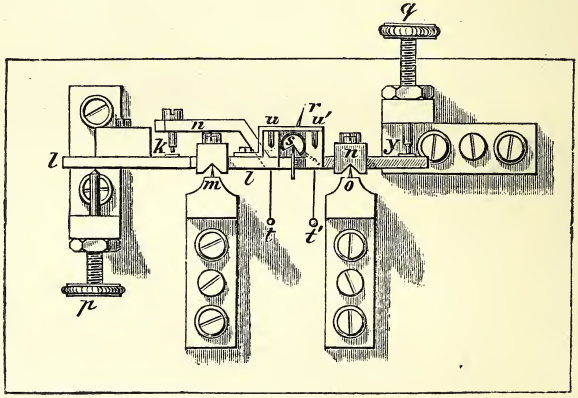

Fig. 43.

L'appareil de contact est placé par dessus l'électro-aimant. Son but est connu par ce qui a été décrit précédemment, nous n'avons à parler que de son perfectionnement comparé avec la disposition de la fig. 40, qui ont permis de réduire à leur minimum les variations dues à des causes mécaniques.

Le contact proprement dit qui ferme le circuit de l'électro-aimant B se trouve en *k* (fig. 38). Il se fer-

me, lorsque le levier à palette l est mis en oscillation, autour de son point de rotation m, sous l'in-

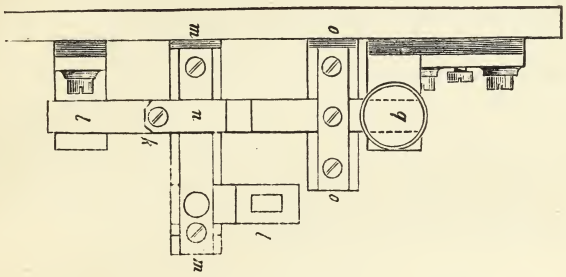

Fig. 44.

fluence du prisme fixé au pendule. Un second levier n porte une vis de contact et peut également osciller autour du point o ; p et q sont des vis d'arrêt qui servent à limiter la course des deux leviers. La fig. 39 fait voir clairement la position relative de l et de n.

Le corps à palette S (fig. 45) est composé d'un cylindre en cuivre jaune qui peut osciller sur un couteau d'acier supporté par le levier l ; la langue de la palette est dirigée vers en haut, le prisme g travaille par conséquent vers en bas, c'est-à-dire en sens inverse, comme dans la fig. 40. Aux deux côtés du corps de la palette sont rapportées deux goupilles formant entre elles un angle déterminé. Suivant que la langue de la palette est inclinée vers la droite ou la gauche, l'une ou l'autre de ces goupilles soulève l'un ou l'autre des petits poids t, t_1. Le poids non

soulevé repose alors sur le corps de la palette au moyen d'une traverse qui se meut librement dans une entaille de ce dernier. On reconnaît facilement d'après la fig. 45, de quelle manière les goupilles s'engagent sous les traverses et soulèvent ces dernières avec le petit poids. Le mouvement de la palette vers la droite ou vers la gauche est limité de manière que l'angle correspondant à ce mouvement s'approche environ de 40°.

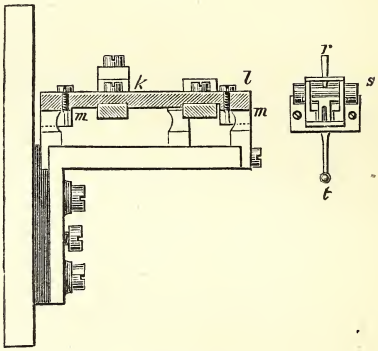

Fig. 45.

Or, supposons que la palette *r* soit inclinée vers la droite (fig. 46). Le petit contrepoids de droite repose dans l'entaille du corps de la palette et celui de gauche est soulevé, avec sa traverse par la goupille gauche. Si donc le prisme *g* fixé à la tige du pendule oscille vers la droite, il glissera vers l'extrémité supérieure de la langue *r* ; le corps de la palette et les goupilles sont forcées de s'incliner encore un peu

plus vers la droite ; le poids gauche se soulève par conséquent encore un peu. Or, au moment où le prisme *g*, en continuant son mouvement vers la droite, abandonne de nouveau la langue *r*, le petit poids de gauche se détache de nouveau et fait basculer le corps de palette qui prend maintenant la position indiquée fig. 47.

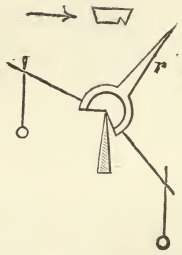

Fig. 46.

En ce moment le petit poids de droite est soulevé, et celui de gauche, ou sa traverse, repose dans l'entaille du corps de palette. Le prisme *g* reprenant son oscillation vers la gauche, vient de nouveau effleurer la langue *r* que finalement il fait basculer vers la droite.

Les mouvements qui viennent d'être décrits se répètent à chaque oscillation du pendule, se répètent jusqu'à ce que l'arc d'oscillation ait une amplitude suffisante qui permette à la palette *r* d'échapper au retour du prisme *g*. Mais, si l'arc d'oscillation est arrivé à l'amplitude où la palette s'en-

gage dans l'entaille du prisme *g*, *r* est entraîné au retour du pendule, et par suite le levier à palettes *l*, poussé vers en bas, le courant se ferme également en *k*, et l'électro-aimant B donne au pendule une nouvelle impulsion.

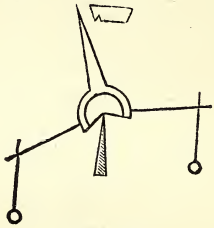

Fig. 47.

La position de face de la palette et du prisme est calculée de manière que le contact *k* ne soit fermé que lorsque l'armature oscillante se rapproche de l'électro-aimant.

Le contact auxiliaire destiné à éviter l'étincelle de l'extra-courant est indiqué en *y*. Ainsi que le fait voir clairement la fig. 43, il ne s'ouvre que lorsque la combinaison de *l* avec *n* est déjà faite en *k* et *vice versà* (comparez aussi fig. 49).

Les avantages de l'appareil de contact qui vient d'être décrit consistait en premier lieu dans ce que la palette, lorsqu'elle n'est pas en contact avec le prisme, a une position fixe sur la droite et sur la gauche. Dans la disposition précédente (fig. 40), la palette se mit à osciller, ainsi qu'il a déjà été décrit,

chaque fois que le prisme passait ; les petites secousses qui en résultaient nuisirent un peu à la marche régulière du pendule. Outre cela, le corps de palette et le levier de contact jouent sur des couteaux d'acier, le frottement se réduisant ainsi à un minimum et le graissage devenait inutile.

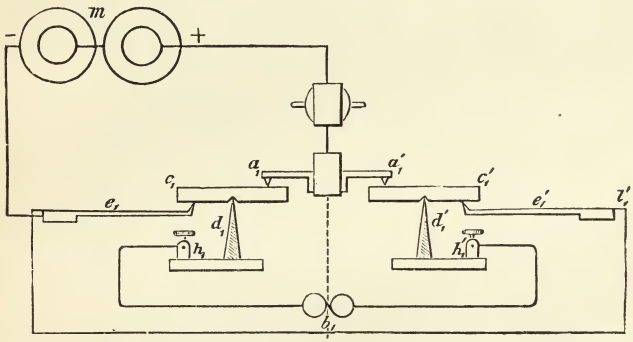

Fig. 48.

Le commutateur se trouve sur les deux côtés du ressort de suspension du pendule (fig. 48). Contre la partie inférieure du porte-ressort sont rapportés deux contacts a_1, a'_1, qui, lorsque le pendule oscille, entre en contact avec les doubles leviers a_1 a_1, les leviers oscillent chacun sur un couteau d'acier commun d_1 d'_1 et leurs extrémités extérieures reposent sur les ressorts de contact e_1 e'_1 (lorsque les extrémités intérieures ne sont point abaissées par les pièces de contact $a_1a'_1$). Les extrémités de $a_1a'_1$ garnies de platine sont assez larges pour

pouvoir toucher les trois contacts de $c_1 c'_1$ à la fois : on obtient ainsi une fermeture de contact très sûre. Les vis de réglage, non visibles dans la fig. 43, permettent de donner la position exacte aux ressorts $e_1 e'_1$; des contre-poids assurent un parfait appui aux pièces de contact sur ces ressorts.

La fig. 48 fait voir le circuit. Lorsque le pendule oscille vers la gauche, le courant de la batterie circule de la manière suivante: pôle k, a_1, c_1, d_1, h_1, électro-aimant de l'appareil à cadran, h'_1,d'_1,e'_1, pôle z ; et s'il oscille vers la droite : pôle k, a'_1, c'_1, d'_1, h'_1, h_1, d_1, c_1 pôle z. La condition du changement de pôles dans un appareil à cadran est par conséquent remplie et l'horloge complètement séparée du pendule, compte exactement les oscillations de ce dernier. Ici encore il ne se forme plus d'étincelle, car la communication entre c et e est interrompue alors seulement que celle entre a et c a été établie.

Dans ces derniers temps Hipp a également appliqué le nouveau mécanisme de contact (fig. 43), aux horloges électriques avec pendule à demi-secondes et à secondes, qui servent en même temps de régulateurs pour les horloges secondaires (appareils à cadran).

L'installation d'horloges électriques en 1881 par Hipp pour le chemin de fer de la ville de Berlin offre un intérêt particulier. Il y a en tout neuf stations munies d'appareils à cadran. La dernière étant éloignée d'environ 10 kilomètres de la première on ju-

gea nécessaire de munir chaque station d'une horloge-type spéciale et de faire régler toutes les horloges-types par une horloge centrale.

Ces horloges-types sont pourvues de pendules à secondes, dont la construction, quoique d'une plus grande simplicité, correspond, quant à ses parties essentielles, à celle représentée fig. 42. Mais ici, les

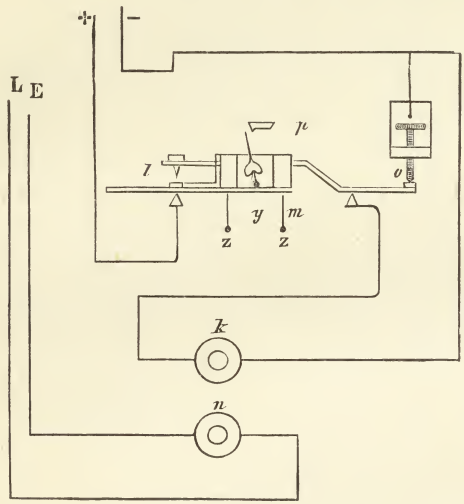

Fig. 49.

deux bobines de l'électro qui doivent entretenir le mouvement du pendule sont séparées l'une de l'autre. La bobine supérieure est reliée avec le mécanisme de contact, la bobine inférieure est placée dans la ligne qui conduit aux horloges-types le courant régulateur émis par le régulateur central.

La fig. 49 fait voir l'appareil en question. Le commutateur ainsi que le mécanisme de contact qui servent à actionner les appareils à cadran sympathiques, sont omis ici, à cause de leur simplicité. L'appareil de contact destiné à faire fonctionner le pendule, est, comme le fait voir la figure 49, entièrement semblable au pendule astronomique ; k est l'une des rondelles de l'électro entretenant les oscillations au pendule. Le courant régulateur agit, au contraire, sur la rondelle n ; son intensité et sa durée (environ 0,1 seconde), sont calculées de manière qu'il ne puisse agir que comme régulateur et non point comme moteur. Le pendule de cette horloge-type est d'ailleurs réglé de façon qu'il retarde de 10 secondes par jour, sans action du courant régulateur.

Le fermeur du courant du régulateur central qui envoie à chaque seconde le courant régulateur aux horloges normales, est représenté fig. 50 et correspond, quant à ses parties essentielles, à celui représenté fig. 48. Toutefois les communications par fils sont un peu modifiées ici, puisqu'il est question de courants de même direction et non de courants alternatifs. On voit facilement d'après la fig. 50, que le circuit de la batterie B n'est fermé que lorsque le pendule de position-milieu. Les horloges normales xx_1x_2 sont disposées parallèlement. Le restant du mécanisme du régulateur central est disposé de la même manière que celui de la fig. B qui lui-même commande plusieurs appareils à cadrans sympathi-

ques. Le commutateur et l'appareil de contact ont reçu une modification consistant dans le remplacement des ressorts par des leviers oscillant sur des couteaux, ce qui facilite beaucoup la surveillance des places de contact. On peut, en effet, sortir un des leviers à plusieurs lamelles, le nettoyer et le remettre, pendant que les autres continuent leur service.

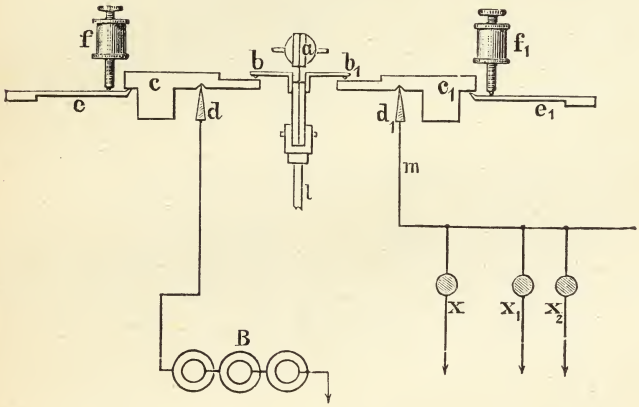

Fig. 50.

La ligne qui relie les horloges-types avec le régulateur central établie à la gare du chemin de fer silésien, est posée sous terre.

Chaque horloge-type comprend 2 batteries, destinées, l'une, à faire marcher la pendule et l'autre, les appareils à aiguille. La première se compose de cinq éléments à ballon simples de Médeinger et le

deuxième, de douze éléments du même genre placés de manière à former deux batteries parallèles chacune de 6 éléments.

Horloge de Geist.

Dans l'horloge électrique de Geist à Warzbourg, un poids toujours identique tombe continuellement de la même hauteur sur un bras du pendule ; l'impulsion que reçoit ce dernier, doit par conséquent être toujours la même et indépendante de la variation d'intensité du courant.

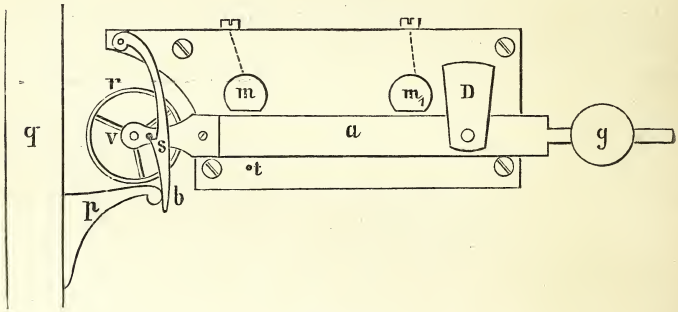

Fig. 51.

La fig. 51 fait voir cette disposition. L'électro-aimant est fixé derrière la plaque en cuivre BB (normalement à son plan) ; ses pôles munis de rondelles sont visibles en mm_1. Le point de rotation de l'armature a se trouve en D ; le contrepoids g sert à con-

trebalancer en partie l'armature. Celle-ci porte en *v* un rouleau de friction *r* mobile sur une mince goupille, ainsi qu'une goupille *s*, qui habituellement repose sur la palette ou nez du levier d'enclanchement *b* ; la tige du pendule *g* est enfin munie d'un appendice *p* de conformation particulière.

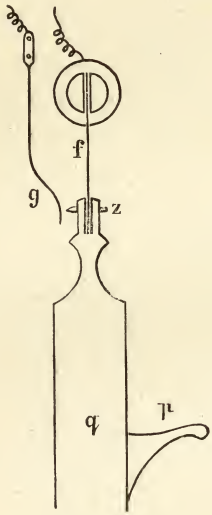

Fig. 52.

L'appareil fonctionne de la manière suivante. Chaque fois que le pendule oscille vers la gauche, la goupille en platine Z (fig. 52) rapportée près du point de suspension se met en contact avec le ressort de buttée *g*, et ferme ainsi la batterie. L'armature *a* est attirée par *mm'*, le ressort d'enclanchement *b* cède sous la pression de la goupille *s* un peu vers la droite,

mais aussitôt que *s* est arrivé à la hauteur nécessaire, le levier *b* enclanche sous *s* avec son bec saillant. Le pendule reprenant aussitôt après ses oscillations vers la droite, le courant entre *f* et *g* est de nouveau interrompu, l'ancre *a* tombe ; sa chute est limitée par la goupille *s* qui vient s'appuyer sur le levier d'enclanchement *b*. Il conserve cette position jusqu'à ce que la portée *p* de la tige du pendule vienne presser le levier *b* sur le côté ; aussitôt l'échappement *a* tombe avec son rouleau de friction *z* et exerce au moment où ce dernier affleure la surface en biais de *p* une pression des plus fortes sur le pendule. Cette pression ne dépend évidemment que du poids de l'ancre et de sa hauteur de chute, et par conséquent reste indépendante de la force de la batterie. Le bon fonctionnement de tout le mécanisme dépend toujours à un haut degré de la sûreté des contacts entre *f* et *g*, ce dernier ayant en tout cas besoin d'une surveillance minutieuse.

Une pendule imitée de Hipp exposée par Lemoine en 1881, et appelée « papilionome » par son inventeur, reçoit en place de la palette de Hipp un grand disque en mica qui pendant les oscillations du pendule affleure l'extérieur d'un dispositif de contact assez primitif. Le principe de cette horloge est par conséquent entièrement le même que celui de l'horloge de Hipp ; mais son exécution laisse, à notre avis, beaucoup à désirer.

Horloge de Schweizer.

Comme conclusion, nous allons encore parler brièvement de la pendule de Schweizer de Soleure qui avait également figuré à l'Exposition de Paris

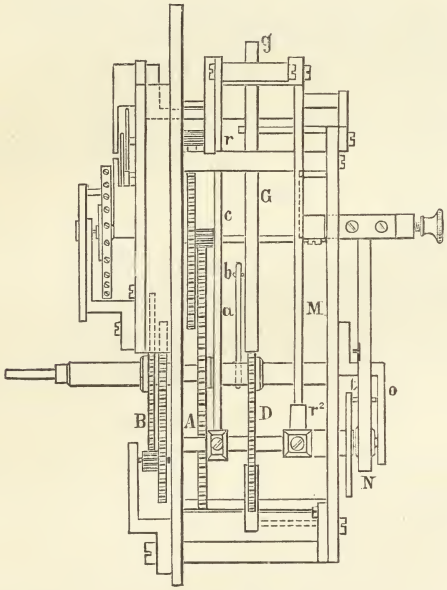

Fig. 53.

La fig. 53 représente en profil le mouvement de cette horloge. Sur l'axe principal du mouvement se trouve la roue A engrenant avec un pignon placé

sur l'axe *c* qui communique le mouvement de rotation à l'axe *z* de la roue d'échappement. Le pendule (construit le plus souvent pour les demi-secondes), n'est point visible sur la fig. 53. Les autres engrenages servent à transmettre le mouvement aux roues des minutes et des heures. Le véritable moteur de la pendule est une lame de ressort en acier *a*, fixée sur l'axe principal et exerçant une pression contre une goupille rapportée sur la face de la roue dentée D. Lorsqu'on pourra faire tourner cette dernière, une pression contenue s'exercera sur l'axe principal qui, à son tour, sera également entraîné dans le mouvement de rotation.

Ainsi que le fait voir la fig. 53, la roue D est actionnée par le buttoir G, engagé dans le creux d'une dent de la grande roue qui engrène avec la roue D, placée sur le même axe. Sur le buttoir G agit le poids P, fixé à l'une des extrémités du double levier EE, de manière que la roue D reçoive un mouvement de rotation dans la direction de la flèche. La roue D, continuant à tourner, G et EE arrivent bientôt dans une position où il ne s'exerce plus aucune pression sur la roue dentée ; le poids P doit donc être soulevé de nouveau, c'est ce qui a lieu sous l'action du courant galvanique. A côté de G se trouve, en effet, une seconde tige M, articulant également avec le levier EE. Cette tige est reliée avec le petit plateau-manivelle N, mobile sur l'axe *m* (fig. 54 et 55). Cette manivelle se meut, par suite, dans la direction de l'ai-

guille du cadran pendant que la tige M s'abaisse. Pendant ce mouvement de rotation, la goupille *t* fixée sur la face de N, se meut peu à peu vers la droite, jusqu'à ce qu'enfin elle soit dégagée de la lame de contact V ; mais cette dernière ne pourra se mouvoir

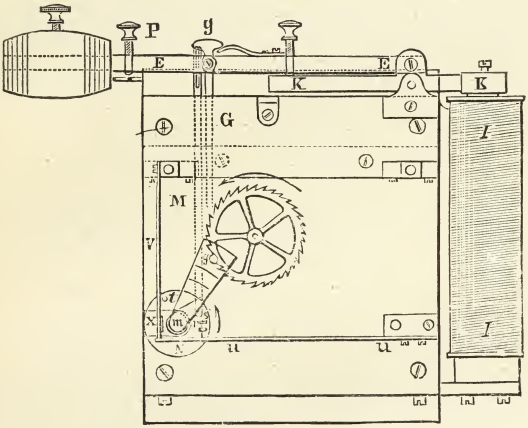

Fig. 54.

vers la droite que lorsque la vis de serrage *s*, également fixée sur N presse sur le ressort de tension *u*. En ce moment la tige V échappe de la lame *u* et vient se mettre en contact avec une platine rapportée au support de l'axe *m*. Le circuit de l'électro-aimant I se ferme, l'armature K est attirée et les tiges EE, M et G sont soulevées. Le disque N se meut dans le sens de la flèche, la tige V est poussée vers la gauche par la goupille *t* pour retomber aussitôt après sur la lame *u*. Pendant le soulèvement de la

tige E, le buttoir G a dépassé une ou plusieurs dents de la roue et tend, de nouveau, à reprendre le mouvement de rotation suivant la direction de la flèche. Dans le très-court intervalle de temps, pendant lequel le poids est soulevé par l'électro-aimant, la roue d'engrenage tourne sous l'action du ressort *a*; le mouvement se continue ainsi absolument sans interruption.

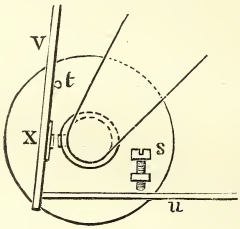

Fig. 55.

L'avantage principal de cette horloge repose évidemment dans ce que sa marche est tout-à-fait indépendante de l'intensité du courant. Au reste, l'inventeur nous a soutenu que son système permet un réglage exact que l'on effectue en déplaçant le poids P.

La batterie se compose de deux petits éléments Leclanché disposés dans le socle de la pendule. Nous pourrions seulement faire remarquer qu'il serait recommandable d'employer préférablement de plus grands éléments, et de les disposer dans une armoire convenable. Hipp lui-même avait, au commencement, disposé dans la boîte, de petits éléments

(Marié-Davy) destinés à actionner ses pendules; mais, il est revenu de cette disposition, en toute justesse, à notre avis.

Signalons encore une disposition très intéressante, qualifiée « d'Isolateur » par l'inventeur. Elle permet d'interrompre automatiquement le circuit dans le cas où la pendule viendrait à s'arrêter pour une cause quelconque.

Pendules à remontoir électrique.

Terminons par quelques données sur les pendules à remontoir électrique.

Ce problème, de peu d'intérêt en lui-même, paraît avoir été résolu en premier lieu par Bréguet, il y a environ vingt ans (1).

Le *Journal électro-technique* donne la description suivante d'une pendule de ce genre construite par Lévin à Berlin.

Dans cette pendule, un poids agissant sur un levier long d'environ 8 centimètres est fixé sur un arbre qui porte un segment denté. Celui ci engrène avec un pignon en acier rapporté sur l'arbre de la roue et portant un bras muni d'un petit cliquet. Lorsque

(1) Du Moncel, Exposé. Vol, V, p. 152.

celui-ci est engagé sur l'arrière d'une des goupilles fixées sur la roue d'échappement, il arrive qu'en remontant les poids, cette dernière se met en mouvement et la pendule continue à marcher jusqu'à ce que le poids ait atteint sa position la plus basse. La disposition est faite de manière que, lorsque le courant électrique se ferme, les poids se remontent et le circuit s'interrompt de nouveau automatiquement. Le cliquet ci-dessus mentionné peut naturellement dépasser dans la direction du mouvement du bras (lorsqu'on remonte le poids) devant les goupilles fixées dans la roue d'échappement. La durée de remontage du poids est plus petite que celle de l'oscillation d'un pendule d'horloge ; elle ne saurait donc nullement influer sur la marche de cette dernière.

L'électro-aimant est activé par deux éléments Leclanché qui peuvent fonctionner pendant six mois de temps sans avoir besoin d'être renouvelés.

Nous empruntons au *Journal électro-technique* de Berlin les indications suivantes au sujet de deux systèmes semblables construits par Forster, à Posen, et Zimber, à Furtwangen.

Dans les horloges à remontoir à poids qui marchent pendant 8 à 15 jours, le poids moteur actionne une corde enroulée sur le barillet de la roue dite du barillet. Cette dernière, dans un rapport de 12 à 1, engrène avec le pignon de la grande roue de chaussée dont l'axe porte l'aiguille des minutes. En enroulant la corde sur l'axe de la grande roue de chaus-

sée, il faudrait que, d'après le rapport indiqué, elle fût 12 fois plus longue, si l'horloge devait marcher pendant tout ce temps. La grande roue de champ, dans un rapport de 10 à 1, engrène avec le pignon de la petite roue de chaussée, et celle-ci, dans un rapport de 6 à 1, avec le pignon de la roue d'échappement dans les dents de laquelle se place l'échappement du pendule (à secondes). Le poids, pour une horloge de ce genre, doit être d'environ 1 kilogr. ; on ne recommande, par conséquent, pas de faire agir le mécanisme-remontoir qui reçoit son entraînement de l'électro-aimant sur l'axe de la roue du barillet. Si on laissait agir la force motrice sur l'axe de la petite roue de chaussée, elle pourrait être 120 fois plus petite ; un poids de 81,3 grammes suffirait alors ici, et la force en question peut être donnée par le ressort en spirale d'une montre à cylindre de dame.

En effet, Forster emploie un de ces ressorts pour la marche de son horloge, et la fait remonter toutes les 15 secondes par un courant galvanique. Les fermetures de courant sont effectuées par une étoile à 4 rayons fixée sur l'axe placé au-dessus de la grande roue de chaussée. Chaque fois qu'une lame de contact, longue et légère, quitte une dent de l'étoile, elle se met en contact avec une vis et ferme le circuit de l'électro-aimant jusqu'à ce que la dent voisine relève la lame de la vis. L'électro-aimant, placé sous la grande roue de chaussée, attire son armature

à chaque fermeture du courant, l'armature agissant, au moyen d'une bielle rapportée sur un levier fou, sur l'axe de la grande roue de chaussée. A chaque attraction de l'armature, le levier reçoit par conséquent un mouvement de haut en bas; un cliquet s'engage dans une roue à rochet de 24 dents (placé sur l'axe de la petite roue de chaussée) rapporté au barillet d'une quantité telle que la tension de la lame ainsi obtenue suffise pour faire marcher l'horloge pendant les 15 minutes suivantes.

Lorsqu'à l'interruption du courant, l'armature se détache, un fort ressort en spirale soulève de nouveau le levier avec le cliquet jusqu'à la hauteur de la vis de buttée; un second cliquet, dit de retient, empêche le mouvement rétrograde du barillet.

Deux éléments Leclanché composent la pile électrique employée ici pour la marche de l'horloge; le document auquel nous avons puisé ne nous permet pas de préciser la durée de leur fonctionnement.

L'horloge de Zimber fait voir une disposition tout-à-fait analogue,

Le barillet n'est pas rapporté ici sur l'axe de la petite roue de chaussée, mais à côté de la roue d'échappement, et la roue du barillet engrène, ainsi que la petite roue de chaussée, avec le pignon de la roue d'échappement. L'armature verticale de l'électro-aimant horizontal porte à son extrémité inférieure un crochet qui s'engage dans une roue à rochet placée sur l'axe du barillet et la fait avancer

d'une dent à chaque attraction de l'armature ; un cliquet de retient empêche le mouvement rétrograde du barillet. Une simple attraction de l'armature soutient l'horloge, pendant 10 secondes, dans sa marche. Le courant est fermé par un engrenage de 6 dents placé sur l'axe de la roue d'échappement ; une des extrémités du levier horizontal s'engage dans la denture du petit engrenage. Lorsqu'une dent de ce dernier fait basculer l'extrémité du levier sur laquelle elle appuie, l'extrémité opposée qui s'abaisse presse un ressort de contact contre une vis et opère ainsi la fermeture du courant. Au-dessus du levier en question, on en a placé un second qui permet de fermer le courant à la main en appuyant sur un bouton ; on emploie ce deuxième levier pour le remontage du ressort moteur, lors de la première mise en marche de l'horloge. Faisons remarquer, en dernier lieu, que la force de tension de ce dernier est obtenue presque d'une façon invariable ; ce qui fait que la marche de l'horloge est très uniforme.

DEUXIÈME PARTIE

Depuis l'apparition de l'ouvrage du Dr Tobler, les principes applicables à l'intervention de l'électricité dans la chronométrie n'ont point changé. Mais, de nombreuses applications, trouvées par d'habiles constructeurs, français ou étrangers, nous permettent de considérer cette question importante sous un nouvel aspect ; de nos jours, nous pouvons dire que les régulateurs électriques doivent être considérés comme les instruments de mesure du temps les plus exacts.

Nous allons donner un rapide aperçu des perfectionnements réalisés dans ces dernières années.

Pendules à remontoir Mouilleron et Anthoine

La pendule à remontoir de *Mouilleron et Anthoine* est à peu près semblable à celle de Bréguet. Elle est, en outre, pourvue d'un dispositif qui permet à l'horloge de continuer sa marche, quand bien même l'armature de l'électro-aimant manquerait, par suite d'un défaut momentané au contact ou à la pile, un

ou plusieurs de ses mouvements. Pour cela, le rochet de remontage du ressort spiral tend ce dernier d'une quantité plus grande que celle dont il s'est détendu par la rotation de la roue d'échappement, ce qui s'obtient, simplement en donnant au rochet remonteur un moins grand nombre de dents qu'à cette roue d'échappement. Mais alors, pour éviter une trop grande tension du ressort spiral, dans le cas où tous les contacts seraient bons, un dispositif spécial empêche le cliquet d'impulsion de faire avancer le rochet, toutes les fois que la tension maxima est atteinte.

Pendule de Callaud

Dans la pendule de *Callaud*, le ressort de remontoir n'est pas sur l'axe même de la roue d'échappement, ce qui permet d'espacer davantage les émissions du courant.

Les contacts n'ont lieu, en effet, que toutes les minutes; ils sont formés, non par le pendule lui-même, mais par un double rochet porté sur un axe faisant un tour en dix minutes. Les dents de l'un des rochets sont en avance sur celles de l'autre d'une quantité équivalente à deux secondes.

Cette disposition a permis à M. Callaud d'obtenir les contacts longs et intimes qui étaient nécessaires pour agir avec sûreté sur un électro-aimant chargé de bander un ressort spiral relativement fort.

Pendule de Froment

Parmi les nombreuses pendules à réactions indirectes qui ont été proposées et construites, nous pouvons citer celle de M. *Froment*, l'une des plus anciennes qui, grâce à sa simplicité, pourra servir de type pour les horloges de cette classe, caractérisées par l'emploi de poids ou de ressorts, qui, soulevés ou tendus par la force électro-magnétique, réagissent sur le pendule en retombant ou en se détendant, de manière à entretenir les oscillations. Ce système a le grand avantage de rendre la marche du pendule indépendante des variations du courant, puisque les impulsions sont dûes à une force constamment égale à elle-même. Par contre, les fermetures du courant ayant forcément lieu à chaque oscillation du pendule, il se fait une grande dépense de pile. En outre, ces impulsions sont toujours accompagnées de secousses et de chocs plus ou moins forts, qui compromettent quelquefois à un haut degré la régularité de marche, et rendent ainsi illusoire l'avantage de la constance de la force produisant l'impulsion.

Un grand nombre d'horloges, semblables en principe à celle de M. Froment, ont été construites et expérimentées. Parmi les plus employées, dont nous avons déjà décrit plusieurs modèles, nous pourrions citer celles de MM. *Vérité*, *Robert-Houdin et Detou-*

che, *Garnier*, *Grasset*, *Lasseau*, *Gérard*, *Liais*, *Geist*, *Kramer*, etc.

Cette modification introduite aux horloges est donc entièrement française, bien que l'application de ce principe soit plus fréquente en Allemagne que dans notre pays.

Horloge de M. Beignet

A l'exposition de 1878, on a remarqué l'horloge électrique de M. Beignet, destinée à la Bourse du nouveau marché de la Villette.

Elle était surtout remarquable par les détails de sa construction : échappement à ancre ; balancier compensé, à gril ; remontoir d'égalité, système de Henry Lepaute ; transmission mécanique pour deux cadrans ; transmission électrique pour 30 cadrans distribués dans l'intérieur des bâtiments ; sonneries d'heures et de quarts ; sonneries de carillon, ou *volées*, annonçant les heures d'ouverture et de fermeture des marchés.

Les cadrans sont situés à 145 mètres de l'horloge. La transmission mécanique, destinée à franchir cette longue distance, est composée de tiges en fer creux mesurant chacune 2 mètres de longueur ; elles sont munies à chaque bout de plaques de dilatation, et d'axes en acier roulant sur des galets dont les pivots sont également en acier.

Un poids de 200 grammes, tirant sur un cylindre

dont le diamètre n'excède pas 5 centimètres, suffit pour déterminer la rotation de tout ce système ; et pourtant, la nécessité de faire suivre plusieurs détours, imposée par les exigences architecturales, a forcé le constructeur à employer vingt engrenages à angles différents.

Le remontoir d'égalité fonctionne, par tiers de tour, toutes les dix secondes ; l'arrêt de détente est l'axe lui-même portant une entaille qu'un contrepoids de 5 grammes fait fonctionner.

C'est par le prolongement de l'axe portant la détente du remontoir que s'opère la transmission électrique ; par conséquent, l'impulsion est donnée aux cadrans récepteurs, toutes les dix secondes. A cet effet, un disque (ou excentrique) à trois *dents* (ou cames), fixées au bout de l'axe de la détente, soulève, par l'action de ces dents, un levier flexible qui établit le contact et provoque la circulation du courant. Un excellent détail à observer, c'est que ce moyen de faire le contact agit par frottement (puisque chaque dent, ou came, glisse en tournant sur la petite masse de contact ; dans cette condition, la poussière l'oxyde, et toutes les autres impuretés nuisibles se trouvent balayées à chaque fonction de l'appareil. Les circuits de cette transmission représentent une longueur de plus d'un kilomètre.

Tous les organes de contact sont fixés sur une plaque de cristal qui les isole du corps de l'horloge. Les sonneries d'heures et de quarts sont établies,

suivant le système ordinaire; mais celles du carillon (ou sonneries de *volée*) présentent quelques particularités intéressantes. Comme ce signal doit être répété huit fois par jour, il y a, spécialement pour cet objet, une grande roue faisant une révolution en 24 heures. Des chevilles implantées littéralement sur la serge, et espacées convenablement, déclanchent cette sonnerie à l'heure voulue.

Mais, comme les heures d'ouverture et de fermeture des divers marchés varient suivant les saisons, il a fallu rendre mobiles les chevilles de déclanchement. M. Beignet a réalisé ce desideratum d'une façon aussi simple qu'ingénieuse et sûre. Il a pratiqué dans la serge une *creusure circulaire* qui va, en s'évasant à *queue d'hironde*, vers le fond. Les chevilles portent des sabots ou embases de forme exactement pareille qui peuvent se mouvoir dans cette creusure à *frottement gras*. Un écrou, vissé sur une partie taraudée, ras du pied de chaque cheville, permet de la fixer par un serrage (sur la serge) auquel la queue d'hironde sert d'appui.

Lorsqu'on veut faire varier la position et la distance des chevilles entre elles, pour modifier les sonneries, on n'a qu'à desserrer les écrous, faire mouvoir les chevilles dans la creusure, puis serrer les écrous. Ce moyen est bon, simple et avantageux.

Enfin, une dernière nuance à noter ; comme les marchés sont fermés le dimanche et que, par conséquent, la sonnerie de volée doit devenir muette,

ce jour-là, l'extrémité de la détente est articulée ; elle se relève automatiquement le samedi soir, sans qu'il y ait besoin de déclancher son rouage, et se trouve remise en place, le lundi matin. Cet effet est produit au moyen d'*étoiles différentielles* qu'un des mobiles de l'horloge met en jeu, à peu près comme cela se pratique dans les mécanismes de *quantièmes*.

Pendule électrique, à remontoir et à sonnerie, système Japy frères et Cie. (1)

Les pendules électriques, construites par MM. Japy frères, ont pour but de diminuer la fréquence des contacts qui occasionnent l'usure des parties métalliques destinées à les produire, et cela à cause de l'étincelle de rupture qui les oxyde, en empêchant ultérieurement le courant de passer, ce qui arrête ensuite le mouvement du pendule.

Aujourd'hui, pour éviter ces inconvénients, le remontage se fait à des époques plus reculées ; et, il n'est pas rare de voir des pendules électriques ne se remontant qu'une fois par jour.

Depuis quelques années, l'électricité n'est appliquée aux pendules que pour la remise à l'heure, le remontage se faisant à la main, de la façon ordinaire.

(1) D. Napoli. *Société Int. des électriciens.*

En effet, lorsqu'il s'agit d'avoir la même heure à plusieurs endroits éloignés, on emploie des pendules ordinaires, et par un courant électrique envoyé périodiquement, une ou plusieurs fois par jour, on remet à l'heure telle ou telle pendule du réseau qui aurait avancé ou retardé.

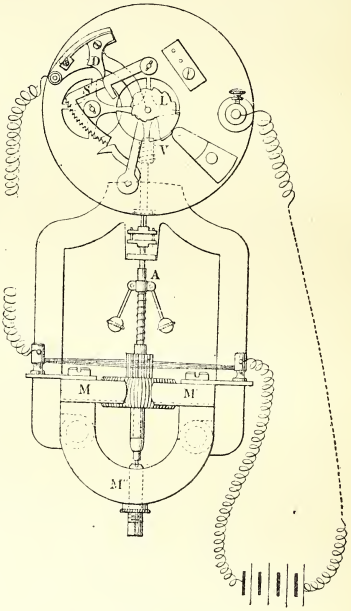

Fig. 56.

La pendule de M. Japy ne se remonte qu'à des intervalles éloignés, à l'aide d'un petit moteur magnéto-électrique à anneau Gramme, que nous allons décrire. Elle est à sonnerie, ce qui est un avantage

sur les autres pendules électriques qui ne le sont que rarement.

Elle consiste en un mouvement de pendule ordinaire, dans lequel on a supprimé une bonne partie des rouages ainsi que les barillets.

Ces derniers qui, dans les pendules ordinaires, fournissent la force motrice, sont remplacés par le petit moteur dont nous venons de parler, qui se compose d'un aimant en fer à cheval M, M′, M″, (fig. 56).

Au milieu des pièces polaires en fer M, M', se trouve un axe vertical A, portant un anneau Gramme, avec collecteur et balais. Cet anneau est à frottement doux sur son axe par un ressort à boudin qui appuie dessus, de sorte que lorsque le remontage est terminé et que l'axe est arrêté brusquement, l'anneau continue à tourner quelques instants par sa vitesse acquise, sans aucun inconvénient, tandis qu'il casserait fatalement quelque chose s'il était arrêté immédiatement par un contact. Ce moteur fonctionne une fois par heure, à l'aide d'un élément Leclanché et d'un contact placé sur les pièces de l'armature.

La rotation du moteur électrique remonte, par l'intermédiaire de son axe à vis sans fin V, et de la roue de sonnerie, un petit barillet fixé à une roue R (fig. 57), sur l'axe des aiguilles, laquelle est folle. Ce barillet actionne le mouvement d'échappement et de la minuterie.

Le ressort de ce barillet est disposé de telle sorte que, étant recourbé sur lui-même à son extrémité extérieure, lorsqu'il est assez remonté, il puisse assurer la marche d'une heure ; le bout de ce ressort glisse sur la circonférence du barillet, tout en conservant une force initiale suffisante pour la marche d'une heure.

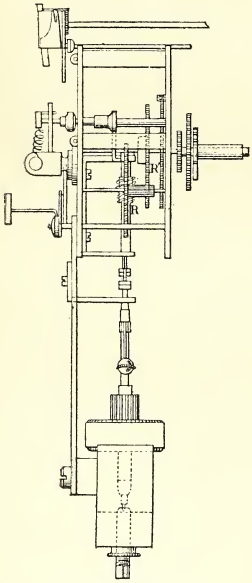

Fig. 57

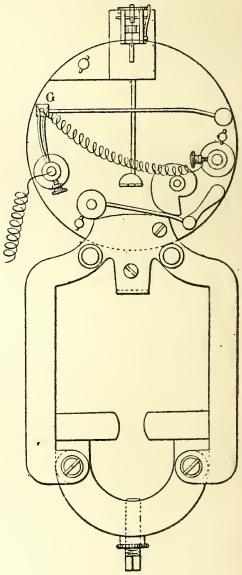

Fig. 58

Pendant la marche du moteur, à l'aide du contact G (fig. 58) qui s'établit à chaque heure, la vis sans fin fait tourner la roue de sonnerie dont chaque tour correspond à un coup de marteau.

A chaque heure, cette roue fait treize tours, temps nécessaire au remontage du mouvement.

La quadrature de ce mouvement, qui porte un limaçon (fig. 56) sur la roue des heures de la minuterie et un rateau S mobile, est faite de telle sorte que, suivant l'heure à sonner, le marteau est maintenu en l'air, aussitôt après avoir frappé le nombre de coups voulus, et cela, au moyen des crochets placés sur la tige du marteau et de détente du mouvement.

Le treizième tour de la roue d'heures sert à enlever le contact qui se fait par l'intermédiaire d'une goupille G (fig. 58) placée sur cette roue et qui lève le dentillon D (fig. 56).

Après la sonnerie de l'heure, le marteau reste en l'air ; il devient libre par le déclanchement des crochets des tiges qui, en passant, lui font frapper la demi-heure, sans que le moteur électrique ait à intervenir.

MM. Japy ont adopté le moteur à anneau Gramme, parce qu'il a l'avantage de ne pas avoir de point mort, et que, par conséquent, il se met toujours en mouvement, lors du contact de la pendule, toutes les heures.

Pour donner au moteur une vitesse constante, indépendante de l'intensité du courant, pour ainsi dire, MM. Japy placent deux ailettes sur leur arbre, de sorte que, par la force centrifuge, ces ailettes s'élevant en masse ralentissent suffisamment le mou-

vement pour que les coups de marteau sur le timbre soient également espacés et pas trop précipités.

Enfin, le montage du mouvement dans la cage se fait à l'aide d'un dispositif très simple et très pratique, sur lequel il est inutile d'insister.

Horloges électriques, Système Château (1).

A l'Exposition universelle de 1889, MM. Château, père et fils, ont exposé une horloge monumentale qui a été adoptée par la ville de Paris, pour l'unification de l'heure.

L'heure unique, dans Paris, est obtenue par des transmissions électriques qui partent de l'Observatoire et s'en vont à des centres horaires comme celui de la Préfecture pour se distribuer ensuite dans les horloges dites : remises à l'heure.

L'horloge-type monumentale de MM. Château qui a figuré à l'Exposition universelle (fig. 59), est remarquable par les dispositions symétriques de ses organes ; c'est un mécanisme dont toutes les roues sont en bronze et tous les axes en acier, avec lanternes et fuseaux mobiles.

La disposition générale adoptée est celle du remontoir à égalité dit : *force constante* ; elle a pour

(1) G. Dary. « *Revue Int. d'Electricité* ».

objet d'interposer dans le rouage, entre le poids moteur et l'échappement, un poids intermédiaire qui,

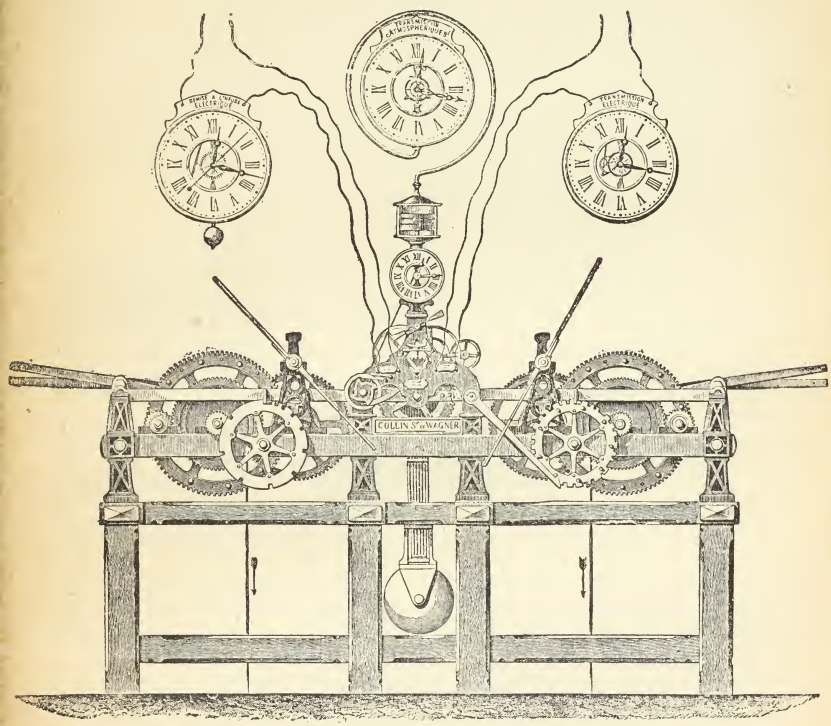

Fig. 59

remonté par le poids moteur, agit lui-même sur l'échappement à des intervalles réguliers et le soustrait ainsi aux influences du poids moteur. Cette disposition est nécessitée par les fonctions mécaniques de la menée des cadrans d'ouverture et de ferme-

ture des circuits électriques que doit opérer l'horloge ; car, si au travail normal qu'elle fournit, on ajoute un travail supplémentaire variable, la force devient insuffisante et nécessite un excédant de poids capable d'influencer la régularité de l'horloge. Le remontoir d'égalité a donc pour but d'éviter toute cause de perturbation et de permettre un travail variable, sans que la marche en soit affectée. Ses fonctions électriques sont de deux sortes :

1° Cette horloge envoie, dans cinq directions différentes, un courant qui peut actionner un nombre indéterminé de cadrans compteurs (fig. 60) ; à chaque

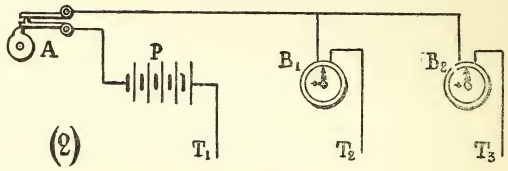

Fig. 60.

déclanchement du remontoir d'égalité, toutes les trente secondes, la révolution de l'axe du remontoir présente à cinq systèmes de deux leviers, isolés et fous sur leur broches, une série de cinq cames qui soulèvent, l'une après l'autre chaque levier inférieur et le mettent en communication avec le levier supérieur, d'où une émission de courant dans chaque ligne correspondant à un jeu de leviers ; comme les circuits ne sont fermés que successivement, on n'emploie qu'une seule pile (dont le retour est commun), pour les cinq directions.

Des galvanomètres, intercalés dans chaque circuit, permettent de constater s'il y a passage du courant dans les lignes. Le compteur-récepteur se compose simplement d'un électro-aimant dont l'armature, mise en mouvement par le courant, fait avancer d'autant une roue dentée qui commande les aiguilles du cadran ; ce système est à échappement à ancre breveté.

2° Ces contacts sont répétés, toutes les trente secondes. Il suffit d'un arrêt dans l'horloge distributrice ou d'un défaut dans les conducteurs, pour que les cadrans-compteurs s'arrêtent, puisqu'ils sont entièrement solidaires du régulateur. C'est pourquoi les grandes villes qui ont adopté le système de MM. Château ont préféré ne l'utiliser que pour un réglage périodique ; dans ce cas, les horloges à régler ne sont plus des cadrans-compteurs mais bien des horloges ordinaires à mouvement indépendant qui ne sont soumises à l'horloge-type que pour la remise à l'heure, à des temps fixes, toutes les heures, par exemple.

Effets de la remise à l'heure. — Une horloge régulatrice A remet à l'heure, par un courant de pile P, un nombre indéterminé d'horloges B_1... B_2... réglées, pouvant elle-même fonctionner comme horloges régulatrices, vis-à-vis d'autres horloges réglées (fig. 61).

Principe. — Toute horloge réglée doit avoir une légère tendance à l'avance, tendance qui tend tou-

jours à s'accentuer dans une horloge, à mesure qu'il s'écoule plus de temps depuis sa pose, les vibrations du pendule décroissant d'amplitude.

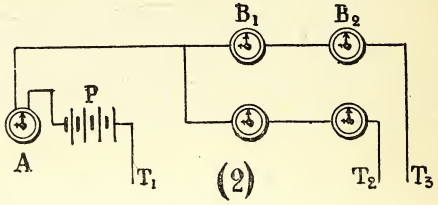

Fig. 61

La remise à l'heure se fait au moyen de la fermeture du circuit T_1ABT_2 coupé normalement par des contacts situés, l'un sur l'horloge régulatrice A, l'autre sur une horloge réglée B : 1er temps — l'horloge régulatrice A, trente secondes avant d'arriver à l'heure, ferme le contact A ; 2e temps — l'horloge réglée, qui avance un peu, ferme le contact B ; le courant passe par les deux contacts A et B maintenant fermés ; il arrête par un levier agissant sur une roue à rochet, l'horloge B dont les aiguilles restent sur l'heure ; 3e temps — l'horloge régulatrice, en arrivant à l'heure, ouvre le contact A, coupant le courant qui cesse d'attirer l'armature de B dont il arrêtait les aiguilles. Le balancier de B ayant continué de vibrer à vide, l'horloge B repart avec la même heure que l'horloge régulatrice A.

Rendement et calcul d'une installation de cadrans compteurs. — Les émissions ont lieu, toutes les

minutes, pour les petits cadrans, et toutes les demi-minutes pour les cadrans d'un certain diamètre, afin que l'inertie des aiguilles n'amène pas un décalage en avant, capable de faire avancer le cadre récepteur dont les aiguilles sont montées à frottement dur sur leur canon.

Le choix de la période d'émission, toutes les minutes ou demi-minutes, réduit l'usure de la pile au minimum, en lui laissant tout le temps de se dépolariser entre les émissions.

La durée très faible des contacts (1/4 ou 1/2 seconde) favorise la conservation des piles ; l'extra-courant d'entrée et l'extra-courant de rupture se suivent presque sans intervalle. Le premier contrarie le courant d'entrée et annule presque le débit de la pile, pendant la période d'entrée en contact. L'extra-courant de rupture plus puissant aide, au contraire, le courant de la pile et achève son action. La rapidité de rupture et d'entrée en contact du distributeur spécial adopté par MM. Chateau favorise la tension des courants *self-induction* dans les dix bobines intercalées dans le circuit et permet d'employer des électro résistants.

Le système à ancre indéréglable, puisqu'il ne comporte qu'une seule pièce agissant sur une roue chevillée, donne absolument toute sécurité, quelle que soit la rapidité et la force d'impulsion de l'armature du récepteur ; d'ordinaire, on adopte 16 ohms, comme valeur de la résistance de ces électro-récepteurs.

Pour ne pas augmenter trop la force de l'étincelle de rupture, capable de détériorer le contact distributeur, on a porté à dix le nombre des cadrans récepteurs ou relais mis en tension sur un circuit.

Les relais deviennent eux-mêmes les centres de circuits secondaires de dix cadres ou relais, chaque circuit comprenant une pile.

En local, on admet généralement deux éléments Leclanché agglomérés, (zinc circulaire à grande surface) par cadre ; puis, on ajoute le nombre suffisant pour vaincre la résistance de la ligne, à raison de 1 volt 3, par élément.

La tension sur un récepteur est de 1 volt $3 \times 2{,}6$ volts et l'intensité nécessaire pour actionner un récepteur est de $\frac{2{,}6 \text{ volts}}{16 \text{ homs}} = 0{,}16$ ampère.

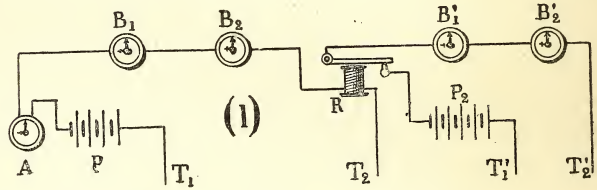

Fig. 62.

Ainsi montée, une horloge (fig. 62) transmetteur A ferme, à intervalles réguliers, toutes les minutes, par exemple, le courant d'une pile P, et l'envoie à une série de cadres et horloges réceptrices B_1 B_2 ou à des relais R qui peuvent eux-mêmes jouer vis-à-vis d'autres horloges réceptrices B_1, B_2... le rôle du

transmetteur A, au moyen d'une pile secondaire P_2.

On conçoit que le rendement de la ligne soit très

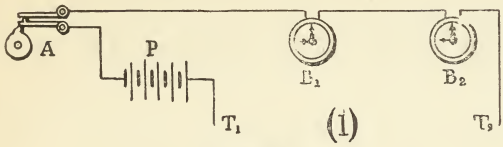

Fig. 63.

élevé ; c'est, en effet, le rapport de la résistance utile d'un circuit de dix cadres (représenté par

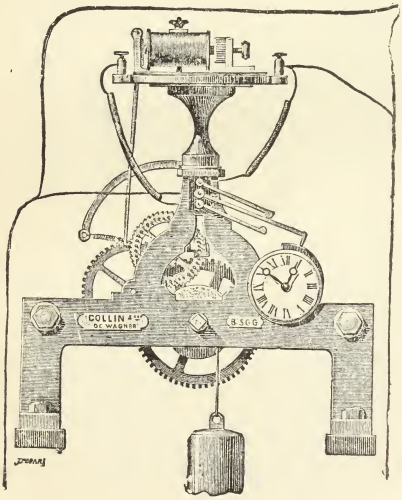

Fig. 64.

$16\omega \times 10 = 160\omega$), la résistance totale représentée

par 160ω + plus la résistance de la ligne, généralement égale à quelques ohms. D'autre part, la période de passage du courant étant limitée au strict nécessaire pour actionner l'ancre d'impulsion de la minuterie, l'énergie de la pile est employée de la façon la plus complète.

Comme nous l'avons dit, le système de montage des cadres en tension élève le rendement électrique de la ligne, en augmentant relativement la résistance utile ; l'économie du fil est donc aussi la plus grande possible.

Le montage en dérivation est beaucoup plus dispendieux, comme dépense de fil ; l'indépendance des cadrans, par rapport les uns aux autres, ne présente aucun avantage, tandis que la difficulté d'équilibrer les résistances des différentes dérivations pour bien partager l'intensité présente un obstacle sérieux. Dans ce cas, la ligne est très peu résistante et l'usure de la pile considérable.

Pour faire une installation, il suffit d'intercaler une pile de $2n + K$ éléments avec n cadres et une horloge dans le même circuit, n étant le nombre des cadres et K le nombre d'éléments destinés à vaincre la résistance r de la ligne, non compris les cadres : $K = \frac{2l}{16}$ et $r = \frac{l}{50}$ l étant la longueur de la ligne.

Le genre de fil employé est un fil aérien (diamètre 11/10) en bronze siliceux ou en cuivre. Les fils pour l'intérieur sont de même diamètre et recouverts de

gutta et de coton ; les conducteurs sont les mêmes que pour une installation téléphonique. Ce diamètre de fil présente 1ω de résistance par 50 mètres.

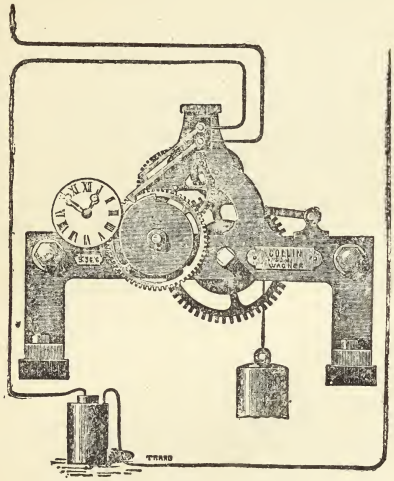

Fig. 65.

La distribution à tension élevée que l'on emploie nécessite des contacts parfaitements nets et à friction énergique et rapide. C'est dans ce but que l'on se sert de distributeurs rotatifs, actionnés par des horloges à remontoir d'égalité, parfaitement réguliers, malgré la résistance des contacts.

L'inconvénient de la polarisation est parfaitement évité par l'usage de ces distributeurs qui inversent le courant à chaque distribution.

MM. Chateau conseillent les éléments agglomérés

Leclanché, peu résistants, capable de débiter beaucoup à la fois, par suite de la grande surface du zinc, bien que, en réalité, ils débitent fort peu. Leur conservation est très longue ; car, c'est la seule combinaison voltaïque n'usant pas en dehors de la période de fermeture des contacts ; on en a vu durer deux ans et plus, avec une charge de 100 grammes de sel ammoniac, usant à fond le zinc, avec une parfaite régularité. Le seul entretien que cette pile exige est la remise de l'eau qu'elle contient, tous les deux ou trois mois, et celle du zinc, une fois par an au maximum.

L'emploi des accumulateurs constitue, sans contredit, la meilleure des piles, impolarisable, de faible résistance intérieure, ayant une capacité de débit en court circuit très considérable. Malheureusement il faut les recharger tous les jours ; sans quoi, ils perdent leur énergie sans travailler, au bout de quelques semaines. On ne peut les employer que si on dispose de l'énergie électrique distribuée par courant continu et capable de servir à les charger.

Le courant continu ou alternatif (le nombre d'alternances dépassant 100 par seconde) fourni par les machines électriques peut parfaitement, en diminuant le voltage par des résistances, servir à distribuer l'heure, si le courant n'est jamais interrompu.

Il n'en est pas moins utile d'avoir une pile sans eau avec un commutateur, prête à être mise en marche, le jour où on s'aperçoit que la première va faire défaut.

Le transmetteur est le même que pour la distribution électrique de l'heure. La rapidité d'entrée et de rupture, la faible résistance maintenue par une friction énergique de ce contact rendent son emploi particulièrement satisfaisant.

Dans les sonneries sur fortes cloches où l'étincelle de rupture, par suite du trop grand nombre d'éléments, atteindrait trop d'importance, MM. Château emploient la même tension : 20 volts sur les électro et des séries de piles montées en dérivation. Ces séries aboutissent à un commutateur du genre du précédent, mais multiple.

Le récepteur est un électro actionnant un marteau frappant sur un ressort-timbre, sur timbre ou sur cloche. Théoriquement, la force de la cloche sur laquelle on peut frapper n'a pas de limites ; il n'y a qu'à employer un nombre suffisant d'éléments.

Horloge à remontage électrique.

Dans ces petites horloges, le remontage se fait par un ressort ou un électro-aimant que traverse un courant émis par l'horloge, à intervalle réguliers. Ce système peut s'appliquer à de fortes horloges, et c'est même la meilleure façon d'employer les piles à remonter des poids lourds, en multipliant convenablement les périodes d'action.

Il y a des horloges dans lesquelles le remontage,

opéré toutes les 12 heures, se fait par un moteur électrique unique (genre de Gramme, enroulement Siemens), actionnant un arbre muni d'embrayages dont le rôle est de débrayer chaque rouage particulier (mouvement, sonneries d'heures, demies et quarts), aussitôt que le remontage est terminé pour ce rouage. Le courant de la pile de remontage, formé par des accumulateurs, est coupé par le dernier rouage remonté, de sorte qu'on utilise ainsi toute l'énergie de la pile, sans la faire travailler à vide (fig. 64).

Les mêmes considérations, exposées à propos de l'emploi des piles, accumulateurs ou courants de dynamos, pour la distribution de l'heure, peuvent se répéter pour la distribution électrique de la sonnerie On peut employer, avec grand avantage, les courants des accumulateurs ou les courants continus de dynamos, dans le cas des moteurs électriques à faible résistance intérieure (genre Gramme ou Siemens) qui ont de bons rendements, ces moteurs servant par une faible batterie à remonter des poids de grosses horloges.

On construit aussi des moteurs électriques à grande résistance, mûs par des piles. Ce sont les seuls qui aient un bon rendement, car la résistance intérieure de la pile n'est pas une quantité négligeable ; elle diminue, dans de fortes proportions, le débit et la tension qui sembleraient résulter du nombre d'éléments employés. Ces moteurs ont des armatu-

res Siemens, double T. Le courant n'est pas inversé.

Le moteur électrique mû par un accumulateur, ou par un courant continu, est activé par une machine. Les moteurs de toutes grandeurs, construits par MM. Château, sont à enroulement Siemens.

Avec le prix actuel des horloges de toutes sortes, il est certain que l'emploi des horloges électriques n'est guère meilleur marché que celui des horloges ordinaires.

Mais, dans le système Château, l'entretien des piles est presque insignifiant, quand on emploie des électro très résistants, en présence desquels la résistance intérieure de la pile est peu de chose. Ils ont un bon rendement et la pile débitant peu s'use également peu. Cette façon de procéder ne permet jamais à la pile de se polariser. La transmission électrique de la sonnerie est également pratique pour les petites cloches ; avec de grosses cloches, l'entretien des piles devient dispendieux.

Quand on dispose d'accumulateurs pour la lumière, l'emploi d'une grosse horloge, remontée électriquement, est rendu très pratique.

Il est facile de voir fonctionner les horloges électriques du système Château à l'École Polytechique, au lycée Condorcet, à l'Hôtel-de-Ville de Paris, à Roubaix, à Besançon, etc.

Nous devons dire, en plus, que ces sortes d'horloges qui ont été mises à l'épreuve, et dont on a pu vérifier, depuis plusieurs années, la régularité, sont

d'un prix relativement inférieur aux systèmes analogues généralement employés, soit en France, soit à l'étranger.

A Paris, pour rendre plus pratique l'application de ce système, on emprunte le courant des lignes télégraphiques que l'on interrompt, à cet effet, environ une minute et demie, toutes les heures.

Ainsi, l'horloge-type de l'Observatoire règle électriquement le centre horaire de la Préfecture de la Seine ; 65 secondes avant l'heure, l'appareil de ce centre horaire coupe automatiquement la communication de toutes les lignes aux appareils télégraphiques de la Préfecture pour les relier aux horloges. Cette interruption dure jusqu'à 5 secondes après l'heure ; 30 secondes avant l'heure, le même régulateur envoie un courant dans chaque ligne des horloges à régler (fig. 59), courant qui se trouve interrompu à l'heure juste.

Maintenant, de leur côté, les horloges à régler qui, on se le rappelle, sont en avance sur les centres horaires, coupent le courant des lignes aux appareils télégraphiques des mairies, 65 secondes avant l'heure, et le disposent à être reçu dans les électro-aimants de la remise à l'heure. Celle-ci s'opère, comme il vient d'être dit, à l'aide de leviers mis en contact par des becs de came.

MM. Château proposent d'étendre leur système de réglage électrique à toute la France, au moyen des lignes télégraphiques, ce qui a déjà lieu à Green-

wich pour plusieurs des villes de l'Angleterre ; la compagnie de l'Ouest vient de faire quelques expériences à ce sujet.

L'unification de l'heure régulariserait évidemment le service des chemins de fer et l'on trouverait, croyons-nous, peu de contradicteurs en province, quant à l'adoption de l'heure de Paris pour toute la France ; un écart maximum de 25 minutes sur le temps moyen n'est pas de nature à troubler la vie. On y gagnerait, dans certaines localités, de ne pas avoir cinq ou six heures différentes, quelquefois avec des écarts beaucoup plus prononcés : celle de la gare, à l'intérieur et à l'extérieur ; celle de la mairie, de la paroisse, celle de l'horloger, enfin celle plus ou moins variable des pendules particulières que l'on essaye de faire accorder, suivant les besoins du moment, avec l'une ou l'autre des précédentes.

Les États-Unis, vu l'étendue de leur territoire, ont imaginé de le diviser en longues bandes ou fuseaux, et ils admettent que l'espace compris dans chaque fuseau aura la même heure et différera d'une heure juste avec le fuseau voisin. Une heure universelle offrirait, dans ce pays des inconvénients qui, à coup sûr, ne seraient pas compensés par les avantages que les voyageurs pourraient y trouver, car on ne peut forcer les habitants des districts les plus éloignés à vivre de 5 à 6 heures en contradiction avec le soleil.

FIN.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

Appareils à cadrans sympathiques et régulateurs 11
Horloges d'Arzberger 55
de Bain 12
de Barraud et Lund 73
de Beignet 126
de Bréguet 22
de Callaud 28
de Chateau 134
de Collin 67
du chemin de fer de Droz 27
de Fritz 19
de Froment 125
de Garnier 14
de Geist 110
de Glösener 31
de Hipp ..... 33, 81 et 91
Horloges à pendule électrique 84
de Houdin, Callaud et Mildé 28
de Japy 129
de Leclanché, Napoli et Liais 59
de Liais 30
de Liais et Kramer 89
Introduction 7
de Mouilleron et Anthoine 123

Pendules à remontoir électrique..... 117
Réglage des horloges à Berlin..... 72
à Paris..... 69
Remise à l'heure..... 65
Horloges de Schweizer..... 113
de Siemens et Halske..... 25 et 76
Horloges de Stohrer..... 17
de Vérité, Froment et Kérikuff..... 85
Unités électriques..... 1 à 6
Horloges de Wheatstone..... 12

Laval. — Imprimerie et stéréotypie E. JAMIN, rue de la Paix, 41.

Date ~~Loaned~~ DUE			
12/22/76			

90B32612

GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00017 1922